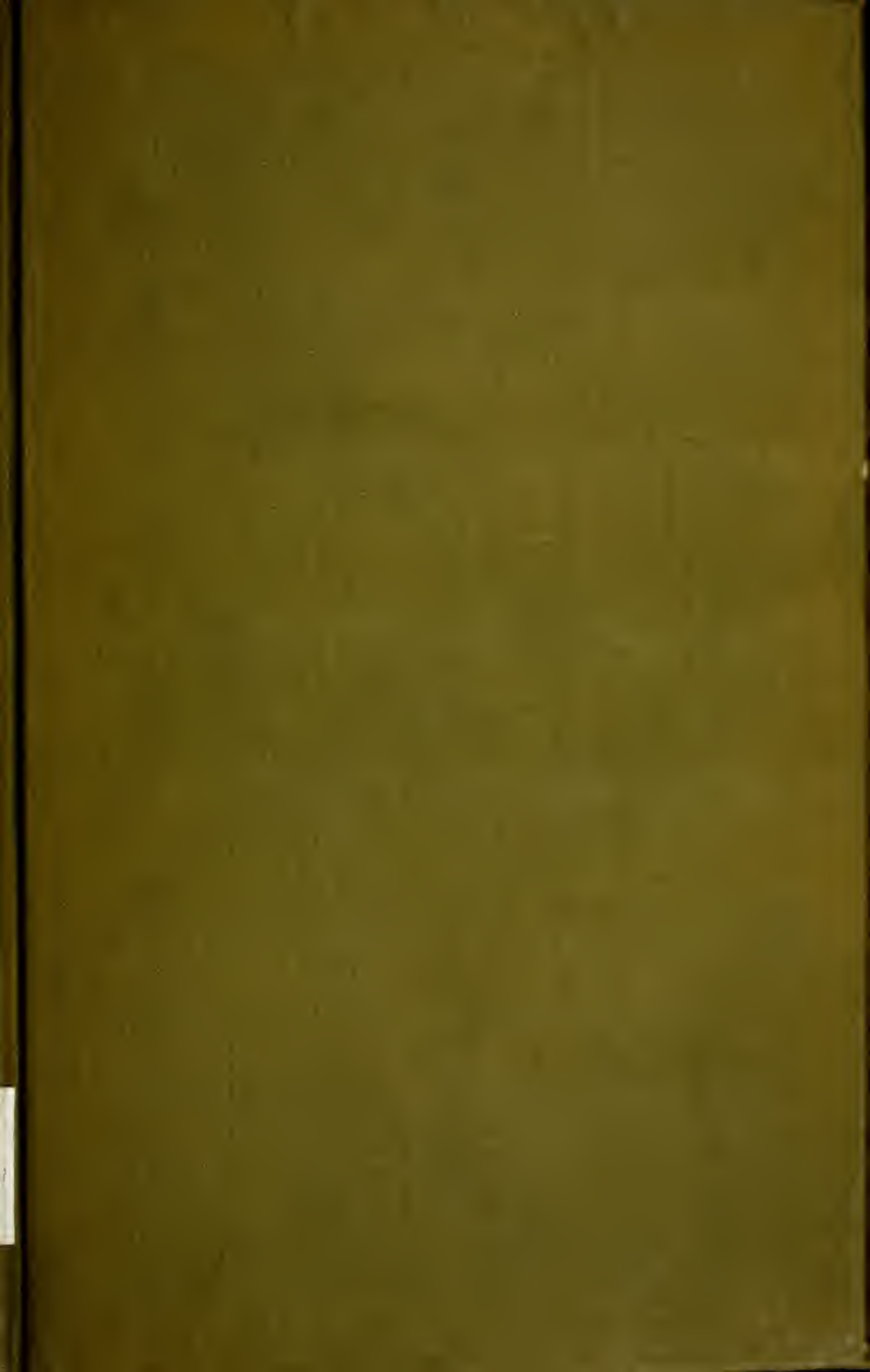
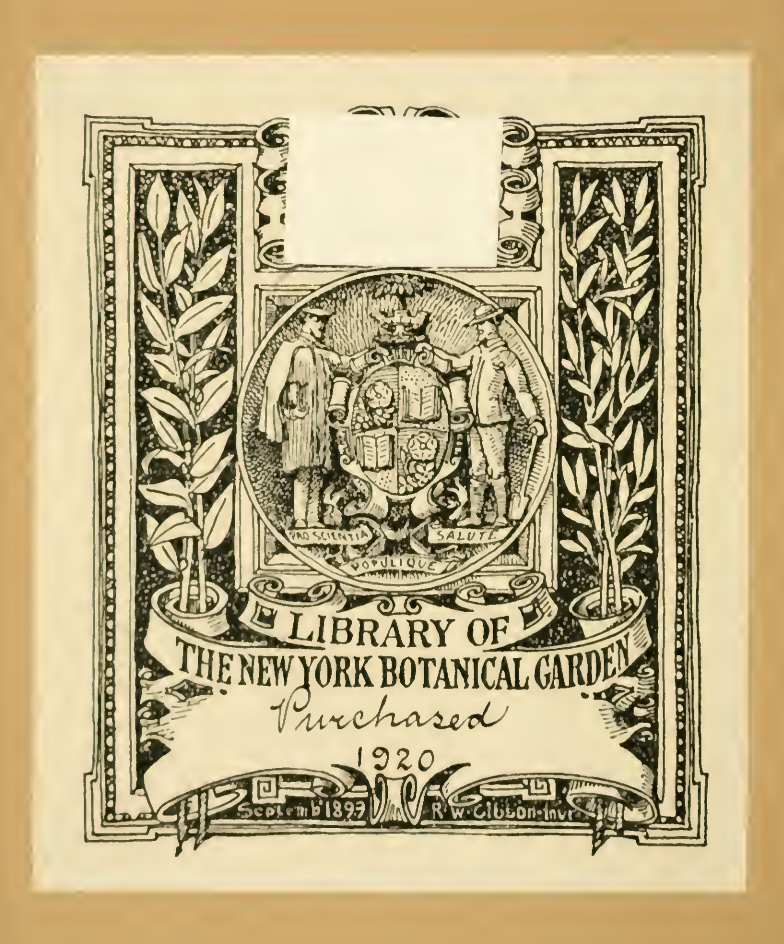



PRO SCIENTIA
SALUTE
POPULIQUE
LIBRARY OF
THE NEW YORK BOTANICAL GARDEN
Purchased
1920
Septemb 1897
R. W. Gibson Inv





Der gegenwärtige Standpunkt

der

MYCOLOGIE

mit Rücksicht

auf die Lehre von den Infections-Krankheiten

von

Dr. Eduard Eidam.



Zweite vollständig umgearbeitete und vermehrte Auflage

Mit 72 Holzschnitten

Berlin 1872.

Verlag von H. E. Oliven.

Louisenstrasse 45

[illegible]

Der gegenwärtige Standpunkt

der

MYCOLOGIE

mit Rücksicht

auf die Lehre von den Infections-Krankheiten

von

Dr. Eduard Eidam.



Zweite vollständig umgearbeitete und vermehrte Auflage.

Mit 72 Holzschnitten.

Berlin 1872.

Verlag von H. E. Oliven.

Louisenstrasse 45.

Herrn

Dr. Moritz Lövinson

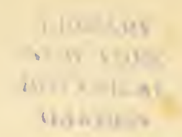
in aufrichtiger Verehrung

gewidmet

vom

Verfasser.





Vorwort zur ersten Auflage.

Kein Zweig der medicinischen Forschung hat die Neuzeit mit einer umfangreicheren Literatur versehen, als die Lehre von den Infectionskrankheiten. Sie bildet eine der brennendsten Tagesfragen: und doch, da über die Ursachen dieser Krankheiten die verschiedensten Hypothesen aufgestellt und wieder verworfen worden sind, ist bis heute Niemand im Stande, eine allseitig befriedigende Erklärung wissenschaftlich zu begründen.

Vielfache Forschungen haben jedoch mit nicht zu unterschätzender Wahrscheinlichkeit darauf hingewiesen, dass zunächst jene so überaus schwer zu bestimmende Familie der sogenannten Schizomyceten, welche an der Grenze vom Thier- und Pflanzenreich steht und manche genera aus der grossen Familie der Pilze es sein dürften, auf die sich der Verdacht, Erzeuger verheerender Krankheiten auch bei Menschen und Thieren zu sein, lenken muss.

Die Pilzliteratur ist in neuerer Zeit aber so enorm angeschwollen, dass es Aerzten und Studirenden nur äusserst schwer und mit grösstem Zeitaufwand möglich ist, sie kennen zu lernen und ihr zu folgen. Eine kritische Zusammenstellung derselben unter Berücksichtigung obiger Fragen ist daher dringendes Bedürfniss geworden.

Der medicinisch-aetiologische Verein zur Erforschung und Vernichtung von Krankheitsursachen in Berlin hatte nach einer in mehreren Sitzungen fortgesetzten Verhandlung über diesen Gegenstand beschlossen, eine Darstellung des gegenwärtigen Standpunktes veröffentlichen zu lassen und deshalb veranlasste mich der Secretair des Vereins, Herr Dr. Lövinson, mit dem ich seit längerer Zeit mikroskopische Untersuchungen über die Natur der Ansteckungsstoffe anstelle, zur Ausführung derselben, wobei er in grösster Bereitwilligkeit mit allen erforderlichen Hülfsmitteln mich unterstützte.

Vorliegende Arbeit sucht, mit Beobachtung einer streng neutralen Stellung, dem Leser einen Leitfaden an die Hand zu geben, der ihn in dem Labyrinthe der heutigen Mycologie zurecht-



weisen soll. Zur Kenntniss der bedeutenden Terminologie ist eine Erklärung sämmtlicher mycologischer Ausdrücke angefügt.

Die hohe Bedeutung, welche es für das Wohlergehen der gesammten Menschheit hat, der Ursache von Epidemien auf den Grund zu kommen, fordert dringend, dass zur Lösung dieser Aufgabe von allen Seiten die grössten Anstrengungen gemacht werden.

Möchte auch dieses Werkchen zur Erreichung eines so wichtigen Zweckes etwas beitragen!

Berlin, den 14. September 1871.

Der Verfasser.

Vorwort zur zweiten Auflage.

Bei Ausarbeitung dieser zweiten Auflage war ich bemüht, die Ergebnisse der neueren Forschungen auf dem Gebiete der Infectionskrankheiten möglichst vollständig zu berücksichtigen. Die Gruppirung des Inhaltes wurde in der Weise vorgenommen, dass zunächst die häufigsten Pflanzenkrankheiten beschrieben werden, worauf dann die Schilderung der bei Thieren und beim Menschen vorkommenden Epidemien folgt. Ich machte mich mit um so grösserer Freude an die Ausführung dieser Aufgabe, als der ersten Auflage eine allseitig zustimmende Beurtheilung zu Theil geworden ist. Ganz besonders fühle ich ausserdem mich verpflichtet, Herrn Prof. A. Braun, Herrn Dr. Kny und Herrn Dr. Magnus meinen Dank für die vielfache gütige Unterstützung mit literarischen Hülfsmitteln auszusprechen; nicht minder Herrn Dr. Lövinson für die fortgesetzt dargebotene Gelegenheit, mit ihm Beobachtungen bei Kranken und Experimente an Thieren vorzunehmen.

Ich kann diese zweite Auflage als eine in jeder Hinsicht vermehrte und verbesserte, sowie namentlich durch die beigefügten Holzschnitte wesentlich bereicherte bezeichnen und ich wünsche, dass sie sich derselben wohlwollenden Aufnahme wie die erste erfreuen möge.

Berlin, den 18. September 1872.

Der Verfasser.

Inhalt.

Druckfehler.

Seite 38; Erklärung der Figur Zeile 3 lies Mycel statt Myal.
„ 69; Zeile 10 v. oben lies Promycelium statt Promelium.
„ 161; unterste Zeile lies bekannten statt bekannnten.
„ 168; Erklärung der Figur Zeile 4 und 5 lies Oïdium und des statt Oïdium des.
„ 199; Zeile 17 v. oben lies Forscher statt Forcher.
„ 207; Zeile 4 v. unten lies Suringar statt Suringer

Einleitung.

Wenige Jahrzehnte sind vergangen, seitdem es gelungen ist, mit Hülfe verbesserter Mikroskope die Anatomie und Physiologie der Pflanzen und Thiere auf einen erhöhten Standpunkt zu fördern. Ueberblicken wir die Resultate der heutigen Forschung, so müssen wir erstaunen, welch' eine Fülle von Thatsachen an's Licht gebracht worden ist. Mit regem Eifer bemühen sich überall die Naturforscher, unrichtige Ansichten zu verbessern, und das Gebiet unserer Kenntnisse zu erweitern. Dabei tauchen aber manche Streitfragen auf, deren Lösung zu unausgesetzter Thätigkeit auffordert.

Solche Streitfragen machen sich besonders bei jenen Untersuchungen geltend, bei welchen wegen der Kleinheit der Organismen und der Schwierigkeit ihrer Beobachtung selbst die Hülfe, welche uns unsere heutigen Mikroskope gewähren, beinahe unzureichend ist. So wird es oft schwer, auf dem Gebiete des nach unserer menschlichen Auffassung und systematischen Eintheilung, niedersten Thier- und Pflanzenlebens eine scharfe Grenze zu ziehen. Denn, wenn wir auch leicht höhere Pflanzen und Thiere von einander zu trennen im Stande sind, so gehen doch, je tiefer wir hinabsteigen, die Unterschiede zwischen Pflanze und Thier mehr und mehr verloren. Aber auch hier hat die Forschung bedeutend gesichtet, und man kommt immer mehr dahin, die Entwicklung und die Bedingungen der Existenz der niedersten Organismen kennen zu lernen.

Unter diesen niedersten Geschöpfen befinden sich viele, von denen uns bisher bekannt ist, dass sie nur auf, oder in dem Organismus höherer Thiere und Pflanzen leben und aus diesem ihre Nahrung ziehen. Derartige, auf fremde organische Nährboden angewiesene Wesen bezeichnen wir mit dem Namen

Schmarotzer oder Parasiten. Sind solche Schmarotzer in grösserer Anzahl vorhanden — und ihre Vermehrung ist ja immer eine ungeheure — so müssen sie einen schädlichen Reiz auf ihren Wirth ausüben und diesen erkranken machen. Treten nun bestimmte Krankheiten gleichzeitig in einem weiten Umfange bei Thieren oder Pflanzen auf, so entstehen Epidemieen Nützlich sind jedoch andererseits manche dieser Parasiten insofern, als sie auch abgestorbene Pflanzen und Thiere bewohnen, wo sie dann durch ihren Lebensprocess zur rascheren Beseitigung derselben beitragen.

Gedenkt man der schnellen Verbreitung, welche die epidemischen Krankheiten häufig annehmen und der ungeheuern Verheerungen, welche sie bewirken, so sieht man ein, dass es von der grössten Wichtigkeit ist, die Ursachen derselben kennen zu lernen. Wie aber findet diese Verbreitung statt? Geschieht sie durch Uebertragung, durch Infection? Gerade hier sind die Untersuchungen am allerschwierigsten; das Gebiet der epidemischen Krankheiten ist noch wenig gekannt, es bietet der Speculation und der Hypothese einen reichen Tummelplatz.

Dies gilt ganz besonders von den Infections-Krankheiten, welche bei Menschen und Säugethieren vorkommen.

Vollständig auf ihre Ursache zurückgeführt und in ihrer ganzen Entwicklungsgeschichte verfolgt, sind dagegen einige epidemische Krankheiten bei Insecten, sowie eine grosse Anzahl bei verschiedenen höheren Pflanzen und hier wurden als Urheber derselben Pilze erkannt, welche die vorher scheinbar gesunden Wirthe befallen und durch ihre überhandnehmende rapide Vermehrung zu Grunde richten. Es ist also Aufgabe der Wissenschaft, zu erforschen, von welcher Bedeutung auch bei jenen Krankheiten vielleicht Pilze sein dürften; und die Lehre von den Pilzen — die Mycologie — gewinnt dadurch eine so entscheidende Bedeutung für die gesammte Medicin.

Die Zelle.

Hand in Hand mit dem Studium der auf der niedersten Stufe stehenden Organismen geht dasjenige des Zellenlebens. Bekanntlich sind alle Geschöpfe der organischen Welt aus sogenannten Zellen zusammengesetzt und während die Zellformen bei den höheren und höchsten Pflanzen und Thieren an Gestalt immer mannigfacher, in ihrer Zusammensetzung immer complicirter werden, sehen wir umgekehrt, dass, je niedriger die Stufe ist, welche eine Pflanze oder ein Thier einnimmt, die Zellen einfacher und weniger zahlreich werden. Es giebt sogar ganze Organismen, die nur aus einer einzigen Zelle bestehen, welche die Functionen der Ernährung und Fortpflanzung verrichtet.

Das Studium dieser niederen Gebilde ist daher mehr oder weniger ein Studium der Zelle selbst.

Mannigfach sind die Theorieen gewesen, welche über die Pflanzenzelle, über deren Bildung und Vermehrung aufgestellt wurden. H. v. Mohl fand zuerst die wichtige Thatsache auf, dass die Entstehung der Zellen nur im Innern von schon vorhandenen Mutterzellen vor sich gehen könne und zwar in der Weise, dass die letzteren durch das Auftreten von Scheidewänden eine mehr oder weniger reichliche Theilung erfahren. Schleiden modificirte bald darauf diese Ansicht insofern, dass er die von ihm ,aufgefundene freie Zellbildung, wie sie innerhalb des Embryosackes der höheren Pflanzen sich findet,

als eine allgemein verbreitete ansah. Nach ihm sollte der Zellkern das eigentliche Bildungscentrum innerhalb der Zellen vorstellen, auf denselben allseitig die Ablagerung dichten Protoplasmas erfolgen und dann schliesslich durch das Auftreten der Cellulosemembran die neue Zelle sich individualisiren.

Lange blieben die beiden entgegengesetzten Meinungen ein Gegenstand lebhafter Discussion und zahlreicher Untersuchungen, bis es besonders durch die Arbeiten von Nägeli, A. Braun und Unger definitiv nachgewiesen wurde, dass die freie Zellbildung nur auf wenige Fälle zu beschränken ist, dass dagegen die Zellbildung durch Theilung des Inhaltes der Mutterzellen bei weitem am häufigsten vorzukommen pflegt.*)

Die Pflanzenzelle im Allgemeinen stellt ein kleines geschlossenes Säckchen dar, dessen ursprüngliche Gestalt rund oder länglich rund ist, durch gegenseitigen Druck und durch sonstige andere Einflüsse nimmt sie aber eine sehr verschiedene Gestalt an. Die wesentlichen Bestandtheile einer Zelle sind das Protoplasma, der Zellsaft, der Zellkern und die Zellmembran.

---

*) Literatur über die Zelle:

Hugo v. Mohl, Vermehr. d. Pflanzenzelle durch Theilung, Tübingen 1835. Bot. Ztg. 1844, p. 273. Anat. und Physiol. d. vegetab. Zelle, Braunschweig, 1851.

Schleiden, Beitr. zur Phytogenesis, Müllers Archiv 1838, p. 137. Grundzüge d. wissenschaftl. Bot., Leipzig 1861.

Schacht, Herm., Lehrb. d. Anatomie und Physiologie der Gewächse, Berlin 1856—1859.

Nägeli, Zeitschr. f. wissensch. Bot. I., 1844, p. 34, III., IV., 1846, p. 56. Nägeli und Schwendener, das Mikroskop, Theorie und Anwend. dess., Leipz. 1867.

A. Braun, Betrachtungen über die Erschein. d. Verjüngung i. d. Natur, Lpz. 1851.

Unger, bot. Ztg. 1844, p. 489. Anatomie u. Physiol. d. Pfl. Pesth 1866.

Hofmeister, W., Handb. d. physiol. Bot. I. Die Lehre von der Pfl. Zelle, Leipz. 1867.

Pringsheim, Unters. über d. Bau u. d. Bild. d. Pfl. Zelle, Berlin 1854.

Dippel, L. Beitr. zur vegetab. Zellbild., Leipz. 1858. Zelltheil. b. Ulothr. zon. und Entsteh. der wandständig. Protopl. Strömch. in d. Pfl. Zellen, Aus d. Abhandl. d. naturforsch. Gesellsch. z. Halle. Halle 1867.

Sachs, J., Handbuch d. Experimental-Physiol. d. Pfl. Leipz 1865.

Die frisch entstandene Zellmembran ist anfangs zart, vollständig gleichartig und durchsichtig, allmählich erhärtet sie zu einer im Wasser unlöslichen allseitig die junge Zelle umgebenden Hülle. Sie besteht aus Cellulose und ist eine stickstofffreie Ausscheidung des Protoplasmas, resp. des Primordialschlauches, der äussersten Hautschicht desselben. Die primäre Membran ist immer homogen, ohne Löcher oder sonstige Unterbrechungen und ihre Absonderung erfolgt entweder fortwährend gleichmässig auf dem ganzen Umfange der Zelle oder es betheiligen sich dabei, wie in den bei weitem am häufigsten stattfindenden Fällen, besondere Stellen des Primordialschlauches in hervorragender Weise. Bei letzterem Vorkommniss lassen sich zwei einander entgegenstehende Modificationen von Celluloseablagerung unterscheiden: sie geschieht nämlich erstens in centrifugaler Richtung, der Aussenfläche der Zelle zu, wodurch auf derselben warzige Hervorragungen, Leisten oder Buckeln sich bilden, wie z. B. bei dem Wachsthum der Membranen von Pollenkörnern oder der Zellstoffhülle zahlreicher Cryptogamensporen. Findet dagegen zweitens das Cellulosewachsthum nach dem Zelleninnenraum in ungleichmässiger Weise statt, so entstehen die Spiral-Leiter- oder Treppen-Gefässe, die Ringfaser- und netzförmigen Zellen; ist die Zellenwand an einigen Stellen sehr stark, an anderen kleineren Punkten sehr schwach entwickelt, so bilden sich Poren und Tüpfel.

Oft wird die Membran, welche zwei Zellen trennt, durchlöchert oder vollständig resorbirt und die Nachbarzellen treten mit einander in Verbindung. Die Tüpfel und Poren der einzelnen Zellen treffen in den Geweben immer mit den ihnen zunächst liegenden zusammen; es wird dadurch die gegenseitige Communication des Innenraums sämmtlicher Zellen vermittelt.

Die Zellhaut wächst stets durch Intussusception, durch fortgesetzte Ablagerung neuer Moleküle zwischen die bereits gebildeten; die Zelle selbst wird durch die Ausdehnung der Membran immer mehr vergrössert. Die chemischen Eigenschaften der Zellhäute mit ihren Verdickungen können in ihrer ganzen Masse durchaus gleichartige sein: bei jugendlichen Membranen, ist dies gewöhnlich der Fall, sie werden

bei Anwendung von Jod und verdünnter Schwefelsäure meist reinblau gefärbt. Ausserdem zeigen sie die Eigenschaften der Cellulose: sie sind unlöslich in Wasser, Säuren und Alkalien, ohne Veränderung allein nur löslich in frisch bereitetem Kupferoxydammoniak.

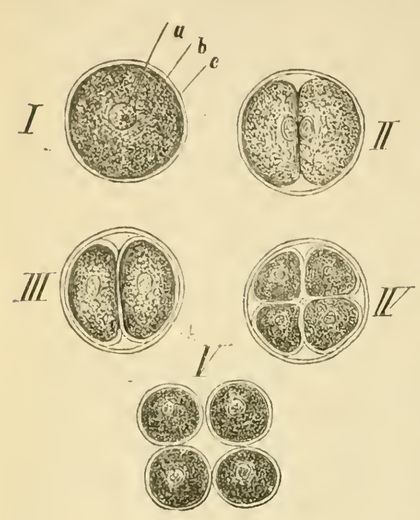


Fig. 1.

Zelltheilung bei Protococcus; nach Dippel; I. Mutterzelle II., III. Theilung des Inhaltes durch Einfaltung des Primordialschlauches in 2 Tochterzellen. IV. Viertheilung. V. Freiwerden der 4 Zellen durch Auflösung der umgebenden Zellwände. I: a. Zellkern, b. Protoplasma, c. Zellmembran.

Häufig aber besitzen die später abgelagerten Theilchen der Membranen ganz andere physikalische und chemische Beschaffenheit als die zuerst entstandenen. In solchem Falle bildet sich eine zweite Haut, und es können, wenn dieser Vorgang sich wiederholt, mehrere ganz verschiedene in einander geschachtelte Häute ausgeschieden werden. Beispiele hierfür bietet uns die Sporenbildung zahlreicher Cryptogamen und die Entstehung des Pollens bei Phanerogamen.

Die physikalischen Verschiedenheiten der einzelnen Theile von Membranen mit völlig gleicher Reaction beruhen darauf, dass durch die ungleichartige Imbibitionsfähigkeit der Moleküle für Flüssigkeiten eine Differenzirung derselben in wasserreichere und wasserärmere Schichtencomplexe hervorgerufen wird. Solche Schichtung kommt sehr häufig vor; sie kann in verschiedener Richtung verlaufen.

Die Quellungsfähigkeit der Membranen ist oft sehr bedeutend; sie kann bis zur vollständigen Verflüssigung führen. So werden die in Sporangien gebildeten Fortpflanzungszellen zahlreicher Algen und Pilze durch Auflösung der umgebenden Wände frei, s. Fig. 1. Aber auch im Gewebe höherer Pflanzen

treffen wir häufig auf solche Resorptionen von Zellhäuten. Die Drüsenhaare zeigen im jugendlichen Zustand in ihrem Innern zelligen Bau, später verschwinden die Membranen, es entsteht eine von der Wand des Haares umgebene Höhlung, welche sich mit dem aetherischen Oele anfüllt. Ein ähnlicher Vorgang hat bei andern Gewächsen die Absonderung von Gummi, Bassorin etc. zur Folge.

Direct betheiligt sich die Zellmembran nicht am Entwicklungsprocess des Zelleninhaltes, sie ist, wie schon erwähnt, ein Abscheidungsproduct desselben. Dennoch ist sie, in passiver Weise wirkend, dem Leben der Zelle im höchsten Grade nothwendig und vortheilhaft. Sie dient theils als Schutz und Befestigung für die übrigen Theile, theils trägt sie durch ihre Qellungsfähigkeit, welche Flüssigkeiten von Aussen nach Innen treten lässt, zur Ernährung der Zelle bei.

Die Membranen vieler Algen und Pilze bleiben häufig stets zart, später werden sie verflüssigt; die Structur der meisten Zellhäute aber wird mit zunehmendem Alter immer derber und holzig, dabei die Farbe häufig dunkel. Die der Luft unmittelbar ausgesetzten Membranen werden meist sehr bedeutend verdickt, sie verkorken und die äusserste Schichte solcher Zellenhäute lässt sich als sehr resistentes, äusserst dünnes Häutchen, als Cuticula, isoliren. Bei manchen Pflanzen enthält die Membran Kalksalze und Kieselsäure eingelagert; sie bekommt dadurch eine grosse Festigkeit.

Im Innern der Zelle befindet sich der Zellkern. Derselbe ist bald rund (Fig. 1a.), bald oval oder linsenförmig und besonders gross ist er in jugendlichen, in rascher Entwicklung und Theilung begriffenen Zellen, wo er oft den grössten Theil der ganzen Zelle ausmacht. So ist er besonders entwickelt in den Zellen am Vegetationsgipfel und an der Wurzelspitze. Nur bei den Thallophyten kann er fehlen, bei den höheren Gewächsen ist er stets vorhanden, doch wird er oft durch den übrigen Inhalt der Zelle so verdeckt, dass man ihn nur mit Schwierigkeit unterscheiden kann. Er befindet sich entweder im Centrum der Zelle, oder seitlich an der Wand derselben. Im ersteren Falle gehen vom wandständigen Protoplasma Stränge an den Zellkern. In ihm findet man häufig noch viele kleinere Körnchen. Er ver-

mehrt sich durch Theilung und solche Theilungen gehen sehr häufig der Bildung neuer Zellen voraus, ein Vorgang, den man sehr schön an den centralen Zellkernen bei Spirogyra beobachten kann. (S. auch Fig. 1.) Der Zellkern ist als eine Absonderung des Protoplasmas, gleichsam als ein dichteres Protoplasma, zu betrachten und die in ihm enthaltenen Kernkörperchen sind wohl desselben Ursprungs, und von noch grösserer Consistenz. Es tritt dies deutlich hervor in allen jenen Fällen, wo die Zellkerne selbstständig aus dem Protoplasma hervorgehen, z. B. im Embryosack der Phanerogamen. Hier beginnt die Bildung neuer Zellen im Plasma damit, dass einzelne Parthieen desselben in stärkerer Verdichtung, als Kerne, sich ausscheiden.

Hanstein beobachtete, dass der Zellkern sehr häufig eigenthümliche, ganz selbstständige Bewegungen zeigt, welche unabhängig von der Strömung des Protoplasmas sind und lebhaft an das unten zu erwähnende amöbenartige Kriechen der Plasmodien erinnern. Der Zellkern ist immer von einer mehr oder weniger dichten Hülle von Plasma umgeben und diese sowohl wie der Kern selbst und die in ihm befindlichen Kernkörperchen zeigen während dieser Bewegung eine fortwährende Gestaltenveränderung, während die den Zellkern mit dem peripherischen Wandbelag verbindenden Plasmabänder dabei immer ganz straff gespannt bleiben.

Während nun der Zellkern in den jungen Zellen so bedeutend überwiegt, tritt er in älteren Zellen immer mehr zurück, um endlich ganz zu verschwinden.

Der wichtigste Bestandtheil der Zelle, aus welchem alle andern gebildet werden, ist das Protoplasma. Dasselbe ist als der eigentliche Lebenserreger der Zelle anzusehen. Es besitzt schleimig-körnige Consistenz und ist ein Gemenge von Eiweissstoffen mit Wasser und geringen Mineralbestandtheilen. Häufig enthält es auch Oeltröpfchen. Die der Zellwand anliegende Schicht des Protoplasmas ist gewöhnlich von zäherer Consistenz; sie wurde von H. v. Mohl Primordialschlauch genannt. Derselbe entsteht durch unmittelbare Erhärtung der äussersten Theile des Plasmas; er lässt sich in allen lebensfähigen, besonders in jugendlichen Zellen leicht als äusserst zartes, homogenes Häutchen nachweisen, wenn

man wasserentziehende Mittel, wie Zuckerlösung, Jod- oder Chlorzinkjodlösung auf sie einwirken lässt; es zieht sich in solchem Falle das Plasma vollständig von der Zellmembran zurück. Der Primordialschlauch ist sehr wichtig für das Leben der Zelle, von ihm geht die Abscheidung der Cellulosewand aus. Pringsheim hat das Protoplasma innerhalb der Zelle in zwei Schichten getheilt, eine äussere Hautschicht und eine innere Körnerschicht. Streng lässt sich aber eine solche Trennung in keinem Falle ausführen; beide Schichten sind niemals scharf von einander abgegrenzt, die Hautschicht geht vielmehr in die Körnerschicht über und sie unterscheidet sich von letzterer nur dadurch, dass sie keine eingelagerten körnigen Bildungen enthält, wodurch sie dann auch weit durchsichtiger und fester wird und ein stärkeres Lichtbrechungsvermögen erlangt.

Die Consistenz des Protoplasmas ist nun je nach der Entwicklung der Zelle eine sehr variable. Ueberhaupt hat es eine Fähigkeit, sich zu verändern, wie kein anderes Gebilde. Es besitzt eine ganz merkwürdige Contractilität; Cohn nennt das Plasma das contractile Element des vegetabilischen Organismus.

Häufig finden Strömungen im Protoplasma statt in verschiedener Weise, gleichmässig rotirend, wobei oft die Chlorophyllkörner etc. mitgerissen werden oder die Strömchen vertheilen sich in unregelmässig netzartiger Verzweigung. Solche Bewegungserscheinungen finden immer nur in solchen Zellen statt, deren Plasmainhalt sich in einen dichteren und in einen mehr wässrigen, der Zellflüssigkeit, geschieden hat und gewöhnlich bleibt der peripherische, der Zellwand zunächst liegende Theil des Plasmas dabei unbetheiligt. Die Strömungen sind sehr schön an Haaren höherer Pflanzen, innerhalb der Zellen von Vallisneria spiralis, sowie in den rosenkranzförmigen Zellreihen der Staubfadenhaare von Tradescantia zu beobachten. Mannigfach ändern die Richtungen der Protoplasmaströmchen ab; bald bleiben sie dieselben, bald kehren sie nach einiger Zeit alle oder einzelne von ihnen in die entgegengesetzten um. Dabei sind Hauptbedingungen für die Protoplasmabewegung der Zutritt von Luft und ein bestimmter Temperaturgrad. Wird die Temperatur gesteigert, so wird

auch die Bewegung energischer; im entgegengesetzten Fall wird sie vermindert, ja gänzlich zum Stillstand gebracht.

Das Protoplasma kommt auch ganz frei und ohne wahrnehmbare Haut vor. Die Sporen der Myxomyceten, — der Schleimpilze, — z. B. entlassen aus ihrer Membran das Plasma, welches in Gestalt von Schwärmern, mit Cilien versehen, frei hervortritt, durch Ausstülpen von Fortsätzen und Einziehen derselben sich fortbewegt und durch Vereinigung dieser Schwärmer entstehen die merkwürdigen Plasmodien, welche nach Art von Amöben auf dem Boden umherkriechen und erst später zur Sporenbildung mit einer festen Haut sich umgeben. Diese Plasmodien, welche nach Cienkowski aus einer hyalinen, schwerflüssigen Grundmasse und einer körnchenreichen, hauptsächlich die Bewegung vermittelnden Substanz zusammengesetzt sind, müssen als flüssige Entwicklungszustände der Schleimpilze angesehen werden. Jeder Tropfen Wasser, aus einem Teich oder einer Pfütze genommen, zeigt uns unter dem Mikroskop unzählige punktförmige Körperchen, die sich tanzend hin- und herbewegen und reine Protoplasmaklümpchen ohne erkennbare Membran vorstellen. Ein grosser Theil dieser Gebilde wird unter dem unbestimmten Namen Monaden zusammengefasst. Diese Monaden werden von vielen Forschern unter die Infusorien gerechnet; sie besitzen eine grosse Contracitilität ihres Körpers und zeigen oft scheinbar willkürliche Bewegungen. Ihre Entwicklung und ihre sonstigen Lebenserscheinungen schliessen sie aber von den Thieren aus und sie scheinen zum grössten Theil besondere Zustände von niederen Pflanzen, namentlich von Pilzen oder Algen, darzustellen.

Was die in neuerer Zeit so oft genannten Amöben oder Wechselthierchen betrifft, so sind dieselben der Klasse der Rhizopoden als nakte Foraminiferen einzureihen. Sie zeigen eine fortwährende langsame und allmähliche Gestaltenveränderung; ihr aus einem gallertartigen Klumpen bestehender Körper zieht sich bald kuglig zusammen, bald streckt er polypenartig verschieden gestaltete Arme hervor, welche nach einiger Zeit wieder verschwinden. Bekanntlich zeigen Blut-, Schleimkörperchen etc. ganz ähnliche Bewegungen, welche man daher auch mit denjenigen von Amöben verglichen und nach denselben benannt hat.

Man sieht also, dass das Protoplasma frei leben kann und dass sich aus ihm Zellen bilden können. Diese Thatsache wird uns in Folgendem noch oft entgegentreten; in auffallender Weise zeigen sie die aus den Fortpflanzungszellen zahlreicher Pilze und Algen hervortretenden Schwärmsporen, welche im Moment des Ausschlüpfens völlig membranlose Protoplasmakörper vorstellen. Die an ihnen befindlichen Wimpern sind ebenfalls nichts als Fortsetzungen des Protoplasmas oder vielmehr, nach A. Braun und Dippel, des Primordialschlauches. Ueberhaupt verstehen diese Forscher, sowie Cohn, unter einer Pflanzenzelle den Primordialschlauch nebst den von diesem eingeschlossenen Inhalt. Die Cellulosemembran sehen sie als ein Sekretionsprodukt an, welche als blos sekundäre Bildung nicht wesentlich zum Begriff einer Zelle erforderlich sei.

Was die Bewegungen der Schwärmsporen betrifft, so werden sie nach Hofmeister dadurch vermittelt, dass die Cilien abwechselnd schraubenartige Torsionen erleiden und darauf nach dem Aufhören dieser Verkürzungen sich wieder in gerader Richtung ausstrecken. Diese Bewegungen der Cilien haben aber auch eine fortwährende Drehung des Körpers der Schwärmsporen selbst zur Folge.

Die auffallenden Formwandlungen des Protoplasmas sucht Hofmeister durch eine besondere Hypothese zu erklären. Er sagt, dass nach allen seinen merkwürdigen Eigenschaften das Protoplasma eine ganz bestimmte organische Struktur besitzen müsse, welche wir jedoch mit den uns zu Gebote stehenden Hülfsmitteln nicht zu erkennen im Stande sind. Es scheinen in ihm Theile vorhanden zu sein, welche eine periodisch wechselnde Aufnahmsfähigkeit für Wasser besitzen. Wenn nun die in einer Richtung liegenden Moleküle des Plasma imbibitionsfähiger sind als diejenigen in anderer Richtung, so werden sich die ersteren natürlich ausdehnen, es wird eine Veränderung des gesammten Protoplasmas, eine Bewegung desselben, erfolgen, ausgehend von den am meisten imbibitionsfähigen Theilchen. Je nachdem nun diese Ausdehnungen des Protoplasmas mehr oder weniger lange Zeit anhalten, an einem Punkte aufhören und auf einen anderen übertragen werden oder endlich im gesammten Plasma Unterbrechungen

erleiden, werden daraus die so mannigfach modificirten Bewegungserscheinungen desselben resultiren. So erklärt sich auch die Drehung der Schwärmsporenwimpern, wenn die Moleküle derselben plötzlich durch irgend eine Ursache Wasser ausstossen und gleich darauf wieder in sich aufnehmen.

Aus dem Protoplasma sind auch die Chlorophyllkörper hervorgegangen. Ihre Grundsubstanz ist stets Protoplasma und sie sind mit dem in Alkohol oder Aether löslichen grünen Farbstoff imprägnirt. Die Chlorophyllkörper kommen in den höheren Pflanzen immer in rundlicher Form vor, bei den Algen besitzen sie oft zierliche, stern-, band- oder plattenartige Gestalten, Fig. 2. Ihre Vermehrung geschieht ganz allgemein sowohl bei den chlorophyllführenden Cryptogamen als bei den Phanerogamen durch Zweitheilung. Für die letzteren ist dieses kürzlich besonders durch die Untersuchungen von Kny und Sanio festgestellt worden. Es entsteht in der Mitte des Chlorophyllkorns eine rings um dasselbe herumlaufende Einfaltung, welche immer tiefer wird, so dass schliesslich das Korn in zwei Theile auseinanderfällt.

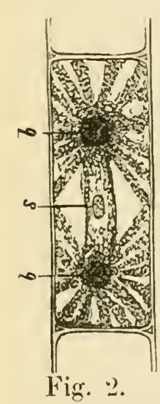


Fig. 2.

Zelle von Zygnema cruciatum mit sternförmigen Chlorophyllkörpern. s Zellkern, b Stärkekörner.

Die grüne Farbe des Chlorophylls ist nicht immer blos auf einzelne Massentheilchen im Inhalte der Zelle beschränkt, sie verbreitet sich vielmehr bisweilen über den grössten Theil des inneren Wandbelages derselben. Beispiele hierfür bieten uns viele niedere einzellige Pflanzen, sowie die Schwärmsporen mancher Algen, z. B. von Oedogonium. Letztere sind von ovaler Gestalt, sie besitzen eine durchaus grüne Farbe, nur an ihrem einen mit dem Wimpernkranz besetzten Ende ist eine hyaline, farblose Stelle vorhanden.

Häufig ist das Chlorophyll noch mit mancherlei anderen Farbstoffen verbunden, wodurch dann das Grün desselben verschiedene Nüancirungen erhält, ja oft in eine gänzlich andere Farbe umgewandelt wird. So besitzen die Arten der so ausserordentlich gestaltenreichen Algengruppe der Florideen, welche sämmtlich im salzigen Meerwasser leben, eine rothe oder violette, durch das sog. Erythrophyll hervorgerufene

Farbe. Bringt man nun diese Gewächse in gewöhnliches, salzfreies Wasser, so löst sich der rothe Farbstoff auf, die Pflanzen werden grün und wenn man sie mit Alkohol behandelt, so erhält man die rein grüne, bei durchfallendem Lichte dunkelrothe Lösung des gewöhnlichen Chlorophylls.

Eine ganz analoge Erscheinung findet sich bei einigen anderen in Folgendem noch öfter zu citirenden Algenfamilien, nämlich den Nostochineen und den Oscillarineen. Auch sie enthalten neben dem grünen Chlorophyll einen aus den zerriebenen Pflanzen vermittelst Wasser ausziehbaren, reinblauen bis blauvioletten, bei auffallendem Lichte blutroth gefärbten Farbstoff, das Phycocyan; ausser diesem befindet sich in den genannten Pflanzen noch ein gelber Körper, das Phycoxanthin und beide ertheilen in ihrer Mischung mit dem Chlorophyll den Zellen die eigenthümlich bläulich- bis bräunlich-grüne Färbung.

Dem Chlorophyll, dessen Entstehung an das Vorhandensein von Licht und bestimmten Temperaturgraden gebunden ist, verdanken alle höheren Pflanzen nicht allein ihre grüne Farbe, durch dasselbe wird auch die Assimilationsthätigkeit derselben vermittelt. Es zersetzt unter dem Einflusse des Lichtes die aus der Luft in die Zellen aufgenommene Kohlensäure und, während der Sauerstoff wieder exhalirt wird, dient der isolirte Kohlenstoff zur Bildung aller jener unzähligen, in den Gewächsen vorkommenden organischen Verbindungen. Alle die Pflanzen, welche des Chlorophylls entbehren, sind daher nicht im Stande, sich ebenfalls aus der unorganischen Natur ihre Bestandtheile aufzubauen, sie müssen vielmehr als Parasiten andere Gewächse bewohnen, um aus diesen die bereits vorgebildeten Stoffe zu ihrer Ernährung einzusaugen.

Sehr häufig findet man in das Innere der Chlorophyllkörper eingeschlossene Stärkekörner, welche aber auch eben so oft isolirt vorkommen und überhaupt einen weit verbreiteten Bestandtheil der Zellen ausmachen. Die Form derselben ist sehr verschieden; bald sind sie rundlich, bald linsen- oder eiförmig, bald gestreckt und eckig, bisweilen knochenförmig, wie z. B. die im Milchsaft der Euphorbiaceen vorkommenden. Sie sind aus zahlreichen wasserärmeren und wasserreicheren Schichten zusammengesetzt, welche von einem

excentrischen Punkte auslaufen. Wenn mehrere solcher Centren vorhanden sind, so entstehen die zusammengesetzten Stärkekörner, deren einzelne Theilkörnchen oft noch von einem gemeinsamen Schichtensystem umgeben werden. Die Theilungen können häufig in sehr grosser Ausdehnung stattfinden, so dass ein einzelnes Stärkekorn aus vielen Tausenden von Bruchkörnern zusammengesetzt sein kann, wie es z. B. bei denjenigen von Oryza sativa der Fall ist.

Das Wachsthum der Stärkekörner geschieht durch Intussusception, d. h. durch fortwährende Einlagerung neuer Theilchen zwischen die schon vorhandenen. Die Stärkekörner enthalten, wie Nägeli gefunden hat, zwei Bestandtheile: die durch Speichel ausziehbare, mit Jodlösung intensiv blau sich färbende Granulose und die Stärkecellulose, ein in kochendem Wasser ausserordentlich aufquellender, der gewöhnlichen Cellulose isomerer Stoff. Die Stärkekörner bilden die Reservenahrung der Pflanzen und sie werden in einigen Organen in besonders reichlicher Menge aufgestapelt. Das Inulin ist eine besondere Art von Stärke; es findet sich bei einigen Gattungen aus der Familie der Compositen im Zellsaft gelöst; in nicht mehr lebensfähigen Zellen scheidet es sich in Gestalt rundlicher, radialgestreifter Körner aus.

Einen weiteren Bestandtheil der Zellen bilden die Aleuronkörner. Es sind dies krystallisirte Protoplasmakörper, welche besonders in oelreichen Samen oder in Knollen sich finden.

Häufig kommen auch in den Zellen Krystalle vor als lang gezogene Prismen, sogenannte Raphiden, oder verzweigt in Gruppen als Krystalldrusen. Sie bestehen meist aus oxalsaurem Kalk.

Wenn das Protoplasma in dichterer Schicht an die Wand sich zurückzieht, so entstehen häufig grosse Höhlungen, Vacuolen, welche mit wässrigem Saft, der Zellflüssigkeit, einer Ausscheidung des dichteren Plasmas, erfüllt sind. Sie werden von netzartigen Zweigen des Protoplasmas durchzogen oder es bildet sich, wenn diese Zweige fehlen, eine grosse centrale Vacuole. Ihre Entstehung findet besonders dann statt, wenn die Imbibitionsfähigkeit des Protoplasmas überschritten wird. Das im Ueberschuss aufgenommene Wasser trennt sich dann in Tropfenform wieder los und diese ausgeschiedenen Tropfen

werden bei anhaltendem Zutritt des Wassers immer grösser, es kommen neue zum Vorschein und schliesslich ist der ganze Innenraum der Zelle allein von dieser wässrigen Flüssigkeit erfüllt, das Plasma dagegen auf einen ganz dünnen Wandbelag reducirt. Diese Erscheinungen kommen sehr häufig in Pilzzellen vor, namentlich in den Fortpflanzungszellen und in den dieselben tragenden Basidien. Natürlich bewirkt die unausgesetzte Zufuhr von Wasser eine Ausdehnung der Zelle und der auf die Membran derselben ausgeübte Druck wird oft so stark, dass dieselbe zerreisst, der Zellinhalt mit grosser Gewalt herausspritzt und dadurch die obenauf sitzende Spore in bedeutende Höhe und Entfernung fortgeschleudert wird, z. B. die Sporen von Empusa, Pilobolus etc.

Das Protoplasma ist überhaupt manchmal äusserst empfindlich gegen den Einfluss des Wassers, es gerinnt oft sehr leicht; man ist daher bisweilen, um das Präparat unversehrt beobachten zu können, genöthigt, demselben statt Wasser verdünnte Salz- oder Eiweisslösungen zuzusetzen.

Die sogenannten contractilen Vacuolen, wie sie innerhalb des Plasmas mancher Schwärmsporen beobachtet werden, zeigen die auffallende Eigenthümlichkeit, dass sie abwechselnd sich vergrössern und dann plötzlich gänzlich zum Verschwinden kommen; auch dieses Verhalten hängt mit dem stets wechselnden Wassergehalt des Protoplasmas zusammen.

Interessant sind die Angaben Dippels über die Entstehung der spiraligen, netzförmigen etc. Verdickungen der primären Zellstoffmembranen. Nach ihm erfolgt ihre Entwicklung dadurch, dass in dem protoplasmatischen Inhalte der Zellen Vacuolen auftreten, welche schliesslich in einander fliessen, so dass das Plasma auf einzelne, der Zellwand dicht anliegende Bänder reducirt wird. Diese Bänder besitzen vollkommen die Gestalt der späteren Verdickungen und ihre der primären Zellmembran unmittelbar anliegende Seite beginnt auch sofort mit der Ausscheidung von Cellulose. Je nach den physikalischen und chemischen Einflüssen, den Ernährungsverhältnissen der betreffenden Zelle etc. modificiren sich dann die mannigfach variirenden Formen der Verdickungen.

Entstehung der Zellen.

Die Entstehung der Zellen findet auf zweierlei verschiedene Weise statt: Durch Zelltheilung und durch freie Zellbildung. Stets entstehen die Zellen im Innern von schon vorhandenen, niemals ausserhalb derselben und ihrer Bildung geht immer eine Verdichtung, ein Abnehmen des Wassergehaltes im Protoplasma der Mutterzelle voraus.

Bei der freien Zellbildung treten im Protoplasma der Zelle kleine Körperchen auf, welche als Bildungscentra für die jungen Tochterzellen anzusehen sind. Um dieselben sammelt sich ein Theil des Zellinhaltes, welcher sich immer schärfer von dem übrigen abgrenzt. Zuletzt entsteht um diese ausgeschiedenen Plasmaparthieen ein äusserst zartes Häutchen, welches allmählich dichter wird und damit ist die neue Zelle gebildet. Der Unterschied der freien Zellbildung von derjenigen durch Theilung besteht darin, dass bei letzterer der Inhalt der Zellen für die Tochterzellen verbraucht wird, während bei der freien Zellbildung ein Theil des Plasmainhaltes übrigbleibt; ausserdem ist hiebei die Mutterzelle noch eine Zeitlang im Stande, sich zu ernähren und zu vergrössern, und so zur weiteren Ausbildung der in ihrem Innern entstandenen secundären Zellen beizutragen. Die freie Zellbildung ist selten, sie findet sich im höheren Pflanzenreich im Embryosack, dann kommt sie vor bei der Bildung der Sporen einiger Algen, ferner bei derjenigen der Flechten und vieler Pilze. Die in den Ascis der Ascomyceten gebildeten Sporen z. B. entstehen auf diese Weise s. Fig. 3.

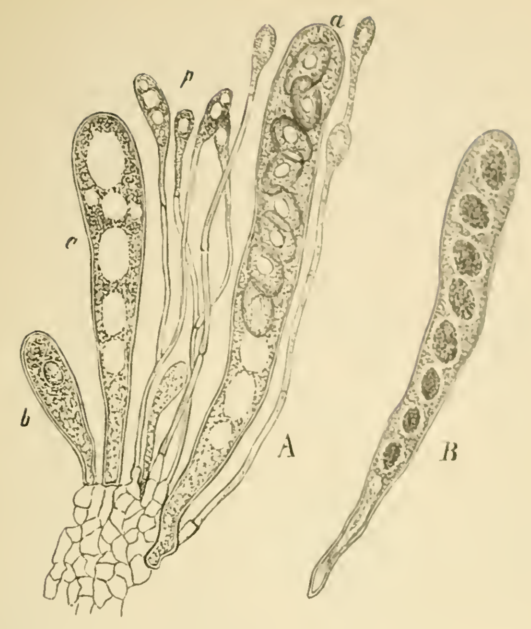


Fig. 3.

Ascusentwicklung und Sporenbildung von Ascobolus pulcherrimus, auf Pferdemist wachsend. A a reifer Ascus mit den 8 Sporen. b, c unreife Asci. p Paraphysen von der Hymenialfläche entspringend. B. Sonderung des Plasmas zum Zwecke der Sporenbildung.

Der im Ascus, einer langen, schlauchförmigen, vom Hymenium entspringenden Zelle, sich befindende Zellkern wird hiebei resorbirt, an seiner Stelle kommen neue secundäre zum Vorschein. Um letztere ballen sich kuglige Massen dichten Protoplasmas, welche allmählich eine Membran erhalten und endlich die Eigenschaften der reifen Sporen annehmen.

Gewöhnlich entstehen die letzteren in der 8Zahl, seltener weniger oder sehr viele und ihre Gestalt ist eine sehr verschiedene: sie wechselt von der ovalen bis zur langfadenförmigen; bisweilen sind sie mit eigenthümlichen Anhängseln versehen.

Sehr häufig aber ist man bei Bildung der Ascosporen weder vor noch nach ihrem Erscheinen im Stande, Zellkerne mit Sicherheit zu erkennen. Je mehr sich die Sporen der Reifezeit nähern, desto mehr verschwindet das Plasma im

Ascus; an seine Stelle tritt reichliche wässrige Flüssigkeit. Dem Auftreten der Sporen geht oft eine Sonderung des Plasmas im Ascus voraus; es trennt sich in einen peripherischen, dichtkörnigen Theil, welchen de Bary Epiplasma nannte und in einen mehr flüssigen, wenig lichtbrechenden, welcher rings vom Epiplasma umflossen wird; in dieser wässrigen Flüssigkeit geht nach de Bary die Ausbildung der Sporen vor sich.

Die Zellbildung durch Theilung ist die gewöhnlichste. Auch hier treten in der Zelle neue Bildungsheerde auf, um welche sich das Plasma sammelt, doch wird dabei der ganze Inhalt der Zelle verbraucht und von der Mutterzelle bleibt Nichts als die Membran übrig. Diese Zellbildung kann auf verschiedene Weise stattfinden. Die entstehenden Tochterzellen können entweder gleich während ihrer Bildung eine Membran ausscheiden oder erst nach derselben. Der erstere Fall tritt sehr häufig bei der Bildung der Pollenkörner vieler Dicotyledonen in ihren Specialmutterzellen ein. Die Entstehung der Sporen vieler höherer Cryptogamen, Fig. 4, findet in der Weise statt, dass zuerst der in der Mutterzelle vorhandene Zellkern resorbirt wird. An seiner Stelle erscheinen bald zwei neue Kerne, deren jeder sich wiederum theilt, so dass die Zelle 4 tertiäre Kerne enthält; letztere kommen häufig sogleich zum Vorschein. Zwischen den Kernen zeigen sich rechtwinklig

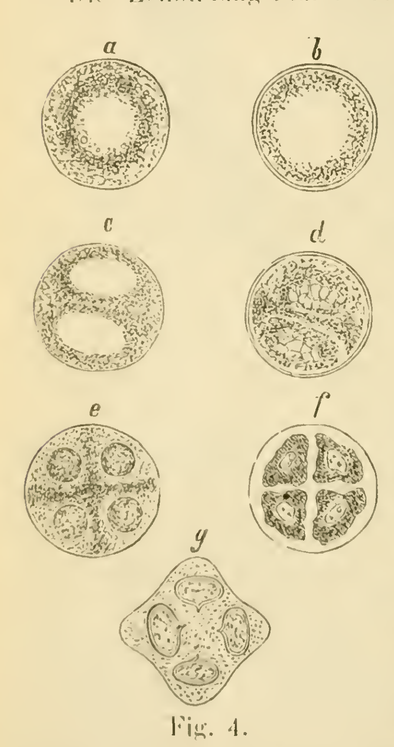


Fig. 4.

Sporenmutterzellen von Psilotum triquetrum. Nach Hofmeister. a. Vor der Theilung, centraler Kern deutlich sichtbar. b. Zellkern aufgelöst. c. Neubildung zweier secundärer Kerne. d. Körnchenplatten zwischen den etwas geronnenen Kernen e. Bildung von Körnerplatten zwischen den tertiären Kernen. f. Erfolgte Theilung in 4 Tochterzellen. g. Nach Bildung der Sporen. Der Raum zwischen denselben ist mit der aufgequollenen Membransubstanz erfüllt.

auf einander stehende gürtel- oder plattenförmige Ansammlungen des Plasmas und innerhalb dieser Gürtel kommen dann die Scheidewände zur Ausbildung.

Mit keiner Zellhaut umgeben sind z. B. die Schwärmsporen in den keuligen Zoosporangien bei Saprolegnia, wo der ganze Inhalt des Sporangiums in zahlreiche Kugeln zerfällt, Primordialkugeln, welche durch farbloses, von der peripherischen Hautschicht des Sporangium-Inhaltes nach dem Centrum desselben verlaufendes Protoplasma zerklüftet und von einander getrennt sind. Erst nach erfolgtem Ausschlüpfen runden sich die Schwärmsporen ab und umgeben sich mit einer dünnen Membran.

Bei den eben besprochenen Zelltheilungen ziehen sich nun die gebildeten Tochterzellen zusammen oder es findet eine Abrundung des Plasmainhaltes der Mutterzelle statt. Diese Art des Entstehens der Zellen beschränkt sich auf die Bildung derjenigen, welche der Fortpflanzung dienen, wie Sporen, Pollen, Antheridien etc. Doch werden sehr häufig die Pollenkörner ohne Contraction des Plasmas gebildet und die bei weitem am gewöhnlichsten vorkommenden Zelltheilungen zum Zwecke vegetativer Vermehrung finden ebenfalls in der Weise statt, dass von der Mutterzelle einzelne Theile unmittelbar abgeschnitten werden durch neu entstehende Scheidewände. Bei diesem Vorgange wird dieselbe in der Regel durch eine einzige Wand in zwei Tochterzellen getheilt; nur bei der Pollenbildung findet eine Viertheilung statt und die jungen Tochterzellen sind in solchem Falle gewöhnlich in Form eines Tetraëders gegenseitig angeordnet. Es kann beim Entstehen der Wände die Zellhaut auf der ganzen Theilungsfläche an allen Punkten gleichzeitig zur Ausbildung gelangen und dies ist der bei weitem häufigste Vorgang bei

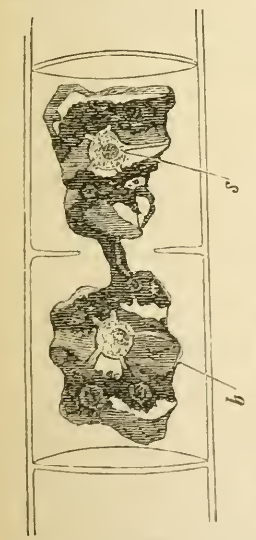


Fig. 5.

Zelle von Spirogyra; in Theilung begriffen; der Inhalt ist durch Zuckerwasser contrahirt, wodurch die Zellstoffleiste sichtbar wird. s. der Zellkern, h. das spiralig gewundene Chlorophyllband.

der Zelltheilung. Er findet sich in den Geweben aller höheren Gewächse. Ein zweiter seltener Fall ist der, dass die Zellmembran am Rande der Mutterzelle gebildet wird und ringförmig immer weiter in das sich theilende Protoplasma hineinwächst, in Gestalt einer durchbrochenen Scheibe, bis sie dann zuletzt eine vollkommene Scheidewand bildet. Dies ist besonders schön bei der Zelltheilung der Spirogyrafäden zu sehen, Fig. 5.

Ausser den beschriebenen Arten von Zelltheilung kommen aber mancherlei Uebergänge und Modificationen vor. Dahin gehört z. B. die Copulation, wie sie häufig bei Algen und Pilzen beobachtet wird, s. Fig. 6. Zwei benachbarte Zellen nahe aneinander stehender Fäden treiben Ausstülpungen, welche auf einander zuwachsen und sich schliesslich vereinigen. Die trennende Zellwand wird nun resorbirt und es entsteht aus dem Inhalt der beiden zusammengewachsenen Mutterzellen eine neue Tochterzelle, eine Spore, welche gewönlich nach längerer Ruheperiode zu keimen beginnt.

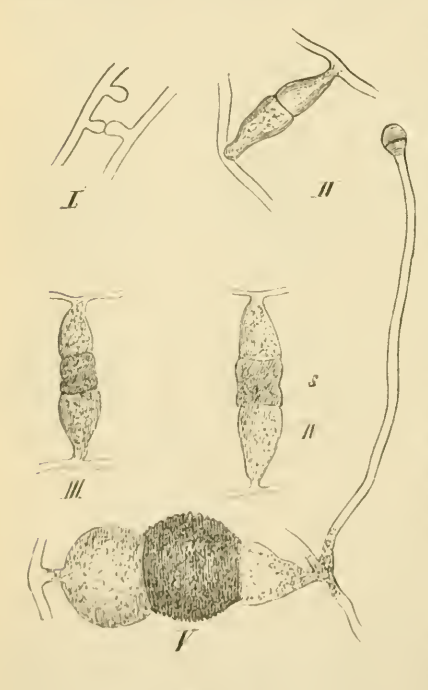


Fig. 6.

Bildung der Zygosporen bei Mucor stolonifer. I. und II. copulirende Fäden. III. Bildung von secundären Wänden in jeder Copulationszelle. IV. Resorption der mittleren Wand. s. Die noch unreife Zygospore. V. Die reife Zygospore, stärker vergrössert, zugleich in Verbindung mit einem Mucorsporangium. Nach de Bary.

Eine bei den Pilzen überaus häufige Zellbildung findet durch Abschnürung statt. Sie ist eine besondere Art der Zelltheilung, welche sich aber von der bisher besprochenen dadurch unterscheidet, dass die Mutterzelle vor der Theilung ihre Gestalt verändert hat. Dieselbe stülpt sich nämlich an einer Stelle aus, diese Ausstül-

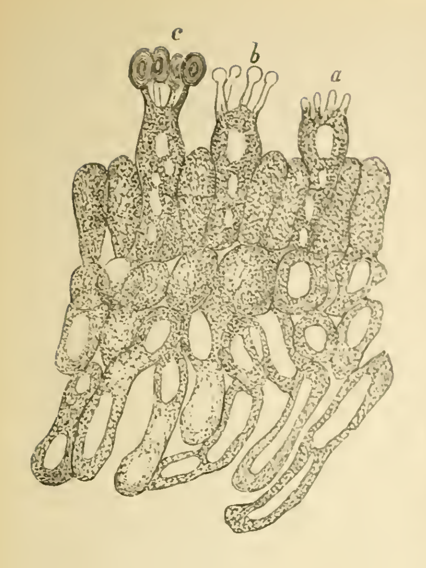


Fig. 7.

Durchschnitt der Hymenialfläche von Agaricus muscarius, dem Fliegenschwamm. a. die Sterigmata, b. an deren Ende die Bildung der Sporen beginnend, bei c. letztere kurz vor dem Abfallen.

pung wächst und wird endlich durch eine Scheidewand als Tochterzelle abgegliedert, s. Fig. 7. Oder die Mutterzelle ist eine Basidie, auf welcher mehrere zugespitzte Hervorragungen entstehen, *sterigmata* genannt, welche an der Spitze kuglig anschwellen; diese Anschwellungen vergrössern sich und grenzen sich endlich durch eine Scheidewand als selbstständige Sporen ab, s. Fig. 7. Findet die Abschnürung von einer oder von mehreren Stellen einer Zelle aus gleichzeitig, aber nur einmal, statt, so bezeichnet man sie als eine *simultane*; bei der *succedanen* hingegen erfolgen an einer und derselben Stelle nach und nach zahlreiche Abschnürungen. Für ersteren Fall bietet die Bildung der Sporen bei den Basidiomyceten, wie sie in beschriebener Weise auf deren Basidien erfolgt, ein Beispiel; die andere Art kommt bei Entwicklung der Conidienköpfchen zahlreicher Fadenpilze, z. B. bei Botrytis, Penicillium, Aspergillus etc. sehr häufig vor.

Aeusserst verschieden sind die Gestalten der zu Geweben mit einander sich verbindenden Zellen; es hängt dies mit der Art des Wachsthums der einzelnen Zelle zusammen. Dieselbe lagert bald auf ihrem ganzen Umfange überall gleichmässig den Zellstoff ab, sie vergrössert sich in solchem Falle durch allseitiges Wachsthum; bald findet die meiste Ent-

wicklung der Cellulose und die grösste Ausdehnung der Zelle nur an einem oder an wenigen Punkten statt; es resultirt daraus das Spitzenwachsthum. Zellen, welche an zwei einander gegenüber liegenden Punkten das stärkste Wachsthum zeigen, werden daher lang, sie strecken sich und spitzen sich an beiden Enden zuletzt zu. Es entsteht so das Extrem dieser Art des Wachsthums, das Prosenchym, wie es im Holz der Coniferen vorkommt, wo die einzelnen Zellen mit ihren Zuschärfungen in einander geschoben sind. Vergrössern sich die Zellen dagegen mehr gleichmässig und sind sie unter einander nur in lockerer Verbindung, so dass sie ungehindert nach allen Seiten sich ausdehnen können, wie dies in dem saftigen Gewebe mancher Früchte etc. der Fall ist, so entsteht das Merenchym, welches aus lauter rundlichen Zellen zusammengesetzt ist. Sind aber die Zellen dicht an einander gedrängt, so dass sie einen gegenseitigen Druck erleiden, so geht das Merenchym in das aus oft ziemlich regelmässig fünfeckigen Zellen bestehenbe Gewebe des Parenchyms über. Nur selten schliessen sich übrigens die einzelnen Zellen eines Gewebes vollständig an einander, häufig lassen sie vielmehr, besonders an den Ecken, Lücken unter sich, Intercellularräume, welche bei vielen Pflanzen leere Gänge bleiben, bei anderen dagegen mit verschiedenen wässrigen Flüssigkeiten angefüllt sind.

Das Leben der Zelle, die Entstehung und die Veränderungen derselben, lassen sich am besten bei den kryptogamen Pflanzen verfolgen, so bei den Algen und Pilzen, welche sehr häufig aus nur wenigen und einfachen Zellen zusammengesetzt sind. Die einzelne Zelle ist als ein in unausgesetzter Bewegung und Formwandlung sich befindender lebender Organismus anzusehen; fortwährend werden chemische Modificationen in allen Theilen des Inhaltes hervorgerufen und während die einen Bestandtheile in fester oder flüssiger Form, als Auswurfstoffe gleichsam, zur Ausscheidung gelangen, werden andere zur Verarbeitung und Bildung neuer Verbindungen aufgenommen. Durch die Thätigkeit des stetigen Stoffwechsels wird das Leben der Zelle vermittelt; der Tod setzt ihr das Ziel mit dem Aufhören dieser Functionen.

Ansichten von Karsten über die Zellen.

Eine von der bisher beschriebenen, jetzt allgemein geltenden Lehre von der Zelle, verschiedene Ansicht hat Karsten.*)

Nach ihm besteht jede Zelle aus mehreren in einander geschachelten Zellensystemen. Die Membran der äussersten Zelle heisst er die primäre Zelle, nach dieser folgt die zweite Zellhaut, welcher er den Namen secundäre Zelle giebt. Den Zellkern nennt er tertiäre und die im Zellkern vorkommenden Kernkörperchen quaternäre Zellchen. Die Entstehung der Zelle denkt sich Karsten nun so, dass die äussersten Membranen, die primäre und secundäre Zelle, allmählich verflüssigt werden, worauf die tertiäre und die quaternäre etc. Zelle heranwächst. Die Membran der jungen Zelle ist anfangs stickstoffhaltig, später wird durch Differenzirung und während die im Innern immer neu entstehenden Zellchen das stickstoffhaltige Plasma für sich verbrauchen, die äussere Membran immer kohlenstoffreicher und stickstoffärmer. Alle obigen in einander geschachtelten und durch Verflüssigung der äusseren von innen immer wieder neu regenerirten Zellen heisst Karsten Gewebezellen. Wenn man eine Confervenzelle, z. B. von Cladophora, durchschneidet, dann sollen aus der Oeffnung hunderte solche kleine Gewebezellen hervordringen; dieselben enthalten in ihrem Innenraum eine Anzahl von noch kleineren Zellchen, die Membran sämmtlicher aber ist äusserst zart, so dass sie

---

*) De cella vitali scripsit, H. Karsten. Berolini 1843.

Entwicklungs-Erscheinungen der organischen Zelle. Poggendorff's Annal. Bd. 118. Berlin 1863.

Histologische Untersuchungen. Berlin 1862.

in dem umgebenden Wasser sehr bald gesprengt und verflüssigt werden. Letzteres bezeichnet Karsten als den Grund dafür, dass diese Gebilde so schwer zu beobachten und von Anderen daher auch übersehen worden sind. Nach ihm entstehen Scheidewände überhaupt nur dadurch, dass zwei ursprünglich freie Gewebezellen innerhalb einer Mutterzelle sich immer mehr vergrössern; schliesslich treffen dann ihre beiderseitigen Membranen auf einander und legen sich vollkommen zusammen. Ursprünglich sind die so gebildeten Wände weich und leicht löslich, allmählich aber erlangen sie grössere Festigkeit. Ein ganz analoger Vorgang trete auch bei der Theilung der Spirogyra-Zellen hervor, wo man bekanntlich, wenn nach Anwendung wasserentziehender Mittel das Plasma von der Wand sich zurückgezogen hat, die ringförmig in die Zelle hineinwachsende, die Theilung vollziehende Zellstoffleiste beobachten kann,' während durch die centrale noch freie Oeffnung derselben das Plasma der künftigen Tochterzellen noch bandartig mit einander in Verbindung steht, s. Fig. 5. Karsten erklärt den Vorgang so, dass die Membranen der zwei Gewebezellen erst am Rande erhärten, in der Mitte dagegen noch sehr weich sind, so dass sie hier durch das Reagens nicht vollständig getrennt werden können und strangartig mit einander verbunden bleiben.

Von den Gewebezellen unterscheidet Karsten die Secretionszellchen, welche nie in die gewöhnlichen Zellen auswachsen können, daher auch gewöhnlich keine Zellgenerationen, sondern Chlorophyll, Amylum, Harz, ätherisches Oel etc. enthalten und den Gewebezellen zur Nahrung und Regeneration dienen. Sie sind gewöhnlich sehr undurchsichtig und dünnhäutig, und sie können, aus ihrem Organismus gerissen und in veränderte Lebensverhältnisse gebracht, sich diesen anbequemen, ja sich zu verschiedenen einfachen Organisationsstufen entwickeln. Die Wimpern an den Schwärmsporen sollen nach Karsten haarförmig verlängerte Secretionszellchen sein und die ersten Ernährungssorgane derselben vorstellen.

Karsten nimmt also an, dass eine Zellbildung durch Theilung, durch Entstehen von succedan oder simultan sich entwickelnden Zellstoffscheidewänden, nicht existire; er steht im Wesentlichen auf dem alten Schleiden'schen Standpunkte und

betrachtet die freie Zellbildung als die allein uberall vorkommende. Er glaubt, dass jede Zelle mit ihrer Membran schon fertig gebildet in ihrer Mutterzelle sich befinde, so dass demnach die Zellbildung nicht in einer blossen Sonderung von Protoplasma in der Mutterzelle bestünde. Diese im Plasma schon existirenden Zellchen sind sehr stickstoffreich und in ihnen sollen sich als höchst kleine Körnchen die Secretionszellchen bereits vorfinden, welche mit dem Wachsthum der Gewebezellen theilweise resorbirt werden. Jede Zelle gestalte je nach den chemischen und physikalischen Einflüssen, unter welchen sie sich befindet, ihre Verhältnisse mannigfach um. Nach Karsten giebt es keine nakten, hautlosen Zellen, welche blosse Protoplasmaklümpchen sind; die Cellulosemembran ist vielmehr ein ganz wesentlicher Bestandtheil jeder Zelle; dieselbe betheiligt sich an der Assimilation und sehr häufig wird sie aufgelöst und dient den neu heranwachsenden Gewebezellen zur Nahrung. Ebensowenig giebt es nach ihm wirklich einzellige Pflanzen oder Thiere, denn dieselben sind stets aus einer bestimmten Anzahl von ineinandergeschachtelten Zellen zusammengesetzt.

Karsten behält trotz aller Angriffe seine Zelltheorie standhaft bei. Die von ihm als besondere lebensfähige Zellchen beschriebenen Bildungen innerhalb von Mutterzellen sind aber nach der Ansicht der meisten anderen Forscher meist nichts weiter als blosse Vacuolen.

Hofmeister äussert sich über Karsten's Lehre folgendermassen: „Die Angaben desselben sind völlig unvereinbar mit der Thatsache, dass die Anordnung des Zelleninhaltes bei der Zelltheilung nicht wesentlich gestört wird. Es genügt, die fortschreitende Scheidewandbildung einer lebenden Cladophorazelle unter dem Mikroskop zu verfolgen, es genügt, die Vermehrungsweise der Zelle einer Spirogyra zu betrachten, um die Ansicht Karsten's abzuweisen."

Die Pilze.

Reich an Mannigfaltigkeit und Veränderungen in ihrer Gestalt, wie keine andere Pflanzenfamilie, sind die Pilze.*) Sie zeigen die Erscheinungen des Generationswechsels und der Polymorphie in vollkommenster Weise. Hauptsächlich durch Tulasne's ausgezeichnete Untersuchungen sind diese Verhältnisse näher bekannt geworden.

Die Pilze sind chlorophyllfreie Pflanzen, deren Thallus aus Zellfäden, Hyphen, besteht, welche durch Spitzenwachsthum sich vergrössern. Diese Hyphen können frei sein oder sie verbinden sich, wobei sie sich verzweigen und dann die zusammengesetzten Körper der grösseren Pilze darstellen. Die Verzweigung solcher aus cylindrischen Zellreihen bestehender Fäden geschieht gewöhnlich durch seitliche Sprossungen der einzelnen Gliederzellen, nur selten treten in der Scheitelzelle wirkliche dichotome Gabelungen auf, sehr gewöhnlich jedoch Quertheilungen, wodurch dann die Anzahl der Zellen des Fadens vermehrt wird. Die Pilze sind meist rasch entstehende Gebilde,

*) Hauptsächliche Literatur:

de Bary, Morph. u. Physiologie der Pilze, Flechten u. Myxomycet. Leipzig, 1866.

de Bary u. Woronin, M. Beiträge zur Morphol. und Physiol. d. Pilze. Frankfurt a. M., 1864, 1866, 1870.

Bonorden, H. F., Handbuch d. allgem. Mycologie. Mit 12 Tafeln. 1851.

Bail, Th., Die wichtigsten Sätze der neueren Mycologie. Jena, 1861. Mittheilungen über das Vorkommen u. d. Entwickl. einiger Pilzformen. Danzig, 1867.

Fuckel, L., Symbolae mycologicae. Wiesbaden 1869.

Hoffmann, H., Mycologische Berichte. Giesen, 1870, 1871, 1872.

Tulasne, L. R. et C. Tulasne. Selecta fungorum carpologia. Paris, 1861—1865.

welche eben so schnell wieder vergehen, nur einzelne Theile derselben, besonders die, welche der Erhaltung und Fortpflanzung dienen, besitzen eine längere Lebensdauer. Ihr kurzes Dasein ist auch die Ursache der meist zarten Zellmembranen, welche nur selten Verdickungen besitzen; die Vereinigungen der Hyphen zu grösseren Körpern erhalten daher eine weiche, fleischige Beschaffenheit. Die Zellenwände der längere Zeit lebensfähigen Pilze dagegen zeigen oft bedeutende das Lumen fast zum Verschwinden bringende Verdickungen, sie sind entweder gallertartig aufgequollen oder spröde und sie verholzen dann oder werden lederartig und dunkel gefärbt, wie dies z. B. bei vielen Polyporus-Arten der Fall ist. Innerhalb der Pilzzellen konnte man bis jetzt, ausser in den Ascis bei einigen Fällen, Zellkerne nicht nachweisen; ebensowenig Stärkekörner und Chlorophyll; sehr häufig dagegen Oeltropfen und Ausscheidungen von Krystallen, aus oxalsaurem Kalk bestehend.

Ueberaus verschieden ist die äussere Form, unter welcher die Pilze auftreten. Bald sind es einfache Fäden, die über ihr Substrat hinkriechen oder sich in demselben verzweigen; bald dichtere Polster; bald erheben sie sich als fleischige Körper in Keulen-, Kugel-, Hut- oder Becherform. Die ursprüngliche Gestalt der Zellen des Pilzkörpers ist also cylindrisch; durch gegenseitigen Druck nehmen sie aber häufig eine pseudoparenchymatische Form an. Während die Zellmembranen der übrigen Pflanzen bei der Behandlung mit Schwefelsäure und Jodlösung blau gefärbt werden, ist dies bei den Pilzen nur selten der Fall.

Alle Pilze sind wegen ihres Chlorophyllmangels unfähig, zu assimiliren, vielmehr müssen sie die schon vorbereiteten assimilirten Verbindungen anderer Organismen in sich aufnehmen. Sie bewohnen theils lebende, gesunde Pflanzen und Thiere, theils abgestorbene und deren Zersetzungsproducte. Im ersten Fall sind sie echte Parasiten, im zweiten heissen sie Fäulnissbewohner, Saprophyten. Die Entwicklung der Pilze geht von den Sporen, den gewöhnlich in sehr grosser Zahl gebildeten Fortpflanzungszellen, aus.

Die Sporen beginnen ihre Entwicklung damit, dass die Membran gesprengt wird; der Inhalt tritt in Gestalt eines Schlauches heraus. Dieser Keimschlauch verlängert sich immer

mehr, er bekommt Scheidewände und indem er sich verästelt, bildet er bald ein überall im oder auf dem Nährsubstrate sich verbreitendes Fadengeflecht, welches Mycelium genannt wird.

Häufig jedoch ist der aus der Spore hervortretende, mit dem Protoplasma derselben reich angefüllte Schlauch nur bis zu einer gewissen Länge entwicklungsfähig, er stirbt bald ab und heisst in solchem Falle ein Promycelium, an welchem sich secundäre Sporen, Sporidien, erzeugen; s. Fig. 8, A. B.; erst deren Keimschläuche verzweigen sich dann weiter.

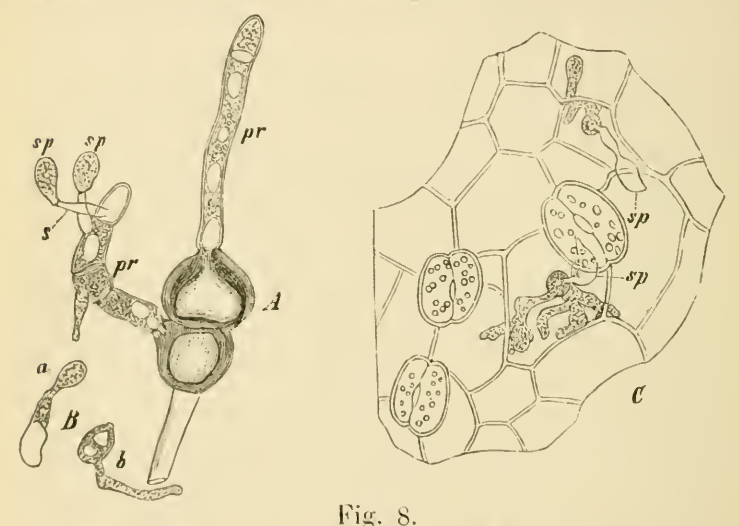


Fig. 8.
Puccinia Helianthi. (nach Woronin).
A. Keimende Teleutospore, pr. Promycelium. s. Sterigmen sp. Sporidien. B. abgefallene Sporidien b. keimend, a. erst noch eine secundäre Sporidie bildend. C. Sporidien durch die Epidermis der Blätter von Helianthus annuus eindringend.

Das Mycelium ist bald fadenartig, locker und von flockiger Beschaffenheit, bald bildet es ästige Stränge oder hautartige Ausbreitungen, oft grosse Strecken überziehend, wie die in feuchten, dunkeln Räumen, an Wänden etc. wuchernden Rhizomorphen, welche lange Zeit fortvegetiren, ohne Fortpflanzungsorgane zu entwickeln. Sehr oft kommen Verschmelzungen, Anastomosen, einzelner Mycelfäden vor; dieselben legen sich innig aneinander, die trennenden Wände werden erweicht, endlich vollständig resorbirt und es wird so ein unmittelbarer gegenseitiger Inhaltsaustausch der Fäden vermittelt, der in der Regel ein rascheres Wachsthum, überhaupt eine Kräftigung

derselben zur Folge hat. Eine eigenthümliche Form des Myceliums bilden endlich jene compacten, knollenförmigen Massen, die sogenannten Sclerotien oder Dauermycelien, welche gewöhnlich im Herbste entstehen und zur Ueberwinterung bestimmt sind. Sie bestehen aus gleichförmigen, sehr verdickten Pilzzellen, im Wasser meist stark quellend, welche wirr durcheinander gewunden und nach aussen von einer besonderen derben, dunkel gefärbten Rindenschicht umgeben sind.

Wenn die Sporen auf lebenden Substraten, auf Pflanzen oder Thieren, zur Keimung gelangen, so findet das Eindringen der Keimschläuche so statt, dass die Epidermis durch eine dünne, schlauchförmige Verlängerung derselben durchbohrt wird, welche, ins Innere gelangt, meist anschwillt durch Ueberfliessen des Plasmas der aussen befindlichen, bald absterbenden Spore. S. Fig. 8 C. Bei Pflanzen geschieht das Eindringen oft direct durch die Spaltöffnungen, s. Fig. 9 A.

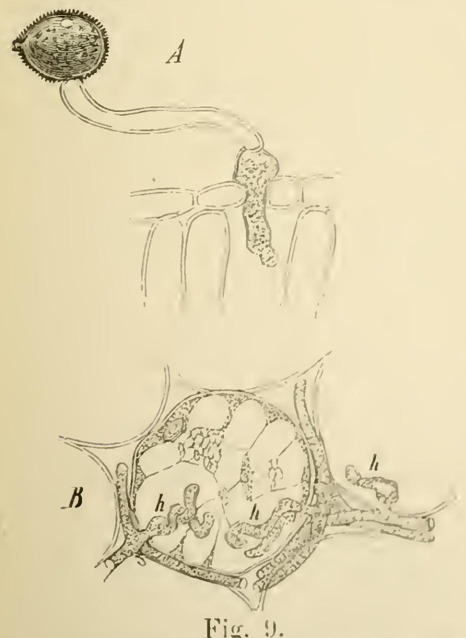


Fig. 9.
Puccinia Helianthi, A. Uredospore desselben, durch eine Spaltöffnung eindringend. B. Mycelien, Haustorien h. ins Innere der Zellen sendend.

Nur die allererste Entwicklung des Keimschlauches erfolgt auf Kosten des in der Spore reservirten Plasmas, später nimmt derselbe alle Nahrung aus seinem todten oder lebenden Substrate auf; bei Pflanzen umstrickt er die Zellen, dringt auch wohl in dieselben oder sendet besondere Saugwarzen, Haustorien, durch ihre Wand, welche den Inhalt degeneriren und zur Ernährung des Parasiten verwenden, s. Fig. 9 B.

Die Mycelien besitzen eine sehr verschiedene Lebensdauer, bei den einen

Gattungen sind sie äusserst rasch vergänglich, bei andern erhalten sie sich Jahre lang. Von ihnen aus erheben sich die Fruchtträger, deren das Mycelium nur einmal oder zu wiederholten Malen in einem Jahre erzeugen kann. Diese Fruchtträger bilden gewöhnlich den am meisten in die Augen fallenden Theil der Pilze. Sie allein kommen bei den innerhalb des Nährbodens wuchernden an die Oberfläche und häufig erhalten sie eine viel bedeutendere Grösse und Massenzunahme als das ganze Mycelium. Sie bestehen entweder aus einzelnen Fäden, welche sich häufig verästeln, dann bald in ihrem Wachsthum stillstehen, um an der Spitze die Sporenbildung zu beginnen, oder sie vereinigen sich zu fleischigen Körpern, aus dicht verflochtenen Hyphen gebildet, bei welchen die Enden der Fäden die sporenerzeugenden, in einer Höhe mit einander stehenden Zellen tragen, so dass eine Fruchtschichte, Hymenium, gebildet wird. Die Sporen werden theils auf pfriemen- oder keulenförmigen Zellen, den Basidien, theils in Sporangien, theils durch freie Zellbildung in Sporenschläuchen gebildet. Ihre Entstehung geht häufig frei in der Luft vor sich, wie bei den Fadenpilzen oder auf der Hymenialfläche zahlreicher Hutpilze; hier kommen sie entweder alle gleichzeitig auf der Basidie zum Vorschein oder sie werden nach und nach in langen Reihen oder in knäuelförmigen Bündeln durch succedane Abschnürung entwickelt: diese Art der Sporenbildung heisst die g y m n o c a r p e, sie findet auf der Aussenfläche des Fruchtkörpers statt, wenn ein solcher vorhanden. Von ihr unterscheidet sich die bedecktfrüchtige oder a n g i o k a r p e, wie sie bei den meisten Ascomyceten vorkommt, wobei die sporenbildenden Lager innerhalb besonderer Behälter eingeschlossen sind und erst frei werden, wenn durch mancherlei Gewebedifferenzirungen letztere sich ausbreiten oder besondere Mündungen an ihnen entstehen oder bisweilen erst, wenn ihre Verwitterung stattgefunden hat.

Das Ausstreuen der Sporen erfolgt bei den durch Abschnürung gebildeten, durch einfaches Abfallen oder Verstäuben. Die in Sporangien entwickelten werden dadurch frei, dass die Sporangiumwand sich auflöst oder gesprengt wird. In den Perithecien wird oft schon vor der Entleerung der Asci die Membran derselben in eine Gallerte verwandelt,

welche dann häufig mit den Sporen in Gestalt eines rankenförmigen Schleimes aus einer oberen Oeffnung entleert wird. Bei Pilobolus, einer zierlichen, auf Pferdemist wachsenden Mucorinee, wird das ganze Sporangium durch den Druck der immer mehr anschwellenden unteren Trägerzelle mit grosser Kraft fortgeschleudert. Aehnlich ist es mit den Sporen beim Fliegenpilz, Empusa muscae. Die Asci entleeren ihre Sporen durch einen Riss oder einen Deckel in ihrem Scheitel; die reifen ragen dabei über die Oberfläche der übrigen hervor; nach der Ejaculation schnurrt der entleerte Ascus blitzschnell unter die Hymenialfläche zurück.

Aeusserst verschieden sind die Sporen ihrer Form, Farbe und Entstehung nach. Bald sind sie einzellig, bald durch Scheidewände in mehr oder weniger zahlreiche Zellen getheilt, Sporenkörper bildend, wobei jede einzelne Zelle im Stande ist, einen Keimschlauch zu entwickeln. Die Membranen der Sporen sind oft sehr dünn und farblos, oft aber gefärbt und mit verschiedenen zierlichen Verdickungen versehen. Die Stellen, an welchen die Keimschläuche hervortreten, erkennt man häufig als hellere runde Kreise, Keimporen, auf der Sporenhaut. Die einen sind sogleich keimfähig, andere müssen erst eine gewisse Ruheperiode durchmachen; letztere heissen ruhende oder Dauersporen. Sie sind meist derbwandiger und sie besitzen zwei verschiedene Membranen: eine innere, gewöhnlich zarte und wenig gefärbte, die Innenhaut oder das E n d o s p o r i u m und eine sehr feste äussere Haut, das E x o s p o r i u m, welches meist eine sehr dunkle Farbe zeigt und die mannigfaltigsten Verzierungen auf seiner Oberfläche trägt. Es wird oft bei der Keimung in unregelmässige Fetzen zerrissen und das sich ausdehnende Endosporium tritt dann, als Keimschlauch verlängert, aus der Spalte hervor.

Bei einigen Pilzfamilien kommt innerhalb besonderer Mutterzellen die Bildung von Schwärmsporen vor, welche nach ihrem Austritt als nackte, einer deutlich erkennbaren Zellstoffmembran entbehrende Protoplasmakörper umherschwärmen. Ihre Bewegung wird durch eine oder zwei mehr oder weniger lange Fädchen oder Cilien vermittelt und das Schwärmen kann verschieden lange Zeit andauern; durch Hinzufügen von Jodlösung wird es unterbrochen. Wenn diese Schwärm- oder

Zoosporen zur Ruhe gekommen sind, umgeben sie sich mit einer Membran und beginnen dann sofort zu keimen.

Alle Sporen sind nun entweder auf geschlechtlichem oder auf ungeschlechtlichem Wege entstanden; letztere Art der Fortpflanzung ist übrigens der Zahl nach die bei weitem am allgemeinsten verbreitete. Durch die neueren Untersuchungen gewinnt aber die Bedeutung der bei den Pilzen vorkommenden geschlechtlichen Vorgänge eine sehr grosse Wichtigkeit. Für viele sind solche schon nachgewiesen und besonders bei den Peronosporeen, den Pyrenomyceten und Discomyceten durch die schönen Resultate von de Bary und Woronin dargethan.

Bei der Befruchtung treten immer zwei Zellen auf, von welchen die eine das männliche, die andere das weibliche Organ vorstellt, s. Fig. 10.



Fig. 10.
Peronospora Alsinearum; nach de Bary. a. männliche Zelle, sich an die weibliche, o, anlegend und dieselbe befruchtend.

Ersteres legt sich an das letztere, das Oogonium, an, oder treibt einen schnabelartigen Fortsatz an dasselbe; es findet durch diosmotischen Vorgang oder durch Resorption der Zwischenwände ein Austausch des Zellinhaltes statt, worauf dann entweder eine oder mehrere Oosporen in der weiblichen Zelle entstehen, oder es überwachsen bei den Ascomyceten von unten her allseitig sich erhebende Zweige den Geschlechtsapparat, und es entsteht so durch Vergrösserung und Differenzirung der Gewebe ein Fruchtkörper, in oder auf welchem die zahlreichen Schläuche mit ihren meist 8 Sporen gebildet werden.

Ganz besonders interessant ist es nun, dass die meisten Pilze in mehreren völlig verschiedenen Formen und mit verschiedenen Fructificationen auftreten können. In der Entwicklung der Formen findet oft eine regelmässige Aufeinanderfolge statt und diejenige Generation, welche einem geschlechtlichen Vorgang ihre Entstehung verdankt, muss als die höchst entwickeltste im Formenkreis angesehen werden. Dieser Polymorphismus der Pilze lässt sich durch die Entwicklungs-

geschichte nachweisen, welche zeigt, dass die verschiedenen Formen eines Pilzes von ein und demselben Mycelium ausgehen. Wie sehr man hier aber oft Täuschungen ausgesetzt ist, zeigt die Entdeckung de Bary's, welcher nachgewiesen hat, dass die neben den Perithecien und Conidienträgern bei den Erysipheen vorkommenden eigenthümlichen Sporenbehälter, welche bisher als Pycniden und als eine besondere Fruchtform dieser Familie betrachtet wurden, durch die Wucherung eines zweiten Parasiten im Mycelium hervorgebracht werden. Diese sogenannten Pycniden sind nichts weiter als die Fruchtkörper eines Pilzes, Cicinnobolus genannt. de Bary sah auch das Eindringen der keimenden Sporen desselben in's Mycel von Erysiphearten.

Es entwickelt sich hier ein Parasit in einem andern. So auffallend ist also die Schmarotzernatur der Pilze, dass sie sich sogar auf ihresgleichen ansiedeln. So finden wir auch z. B. im Herbst die zerfallenden grossen Hymenomyceten von zahlreichen Faden- und Schlauchpilzen bewohnt.

Einige Pilze durchlaufen die ganze Entwicklungsreihe ihrer Formen auf einem und demselben Wirth, bei andern ist für jede Form ein besonderer Wirth erforderlich. Es werden unten noch zahlreiche Beispiele folgen, welche diese in verschiedenster Weise sich modificirenden Verhältnisse erläutern.

Stets findet bei der Erscheinung des Polymorphismus die Eigenthümlichkeit statt, dass die geschlechtlichen und die ungeschlechtlichen Generationen mit einander abwechseln; letztere treten oft eine Zeit lang allein auf, sie dienen, als blosse Vermehrungsphasen des Pilzes, zur raschen Hervorbringung einer möglichst grossen Individuenzahl desselben; de Bary bezeichnet solche Formen als Propagationsorgane. Dieselben machen dann zuletzt einer complicirten Entwicklung Platz, welche den Formencyclus beschliesst und deren Sporen wieder die einfacher gebauten Organe hervorbringen. Die höher stehenden Fruchtkörper sind das Ergebniss einer am Mycelium vorher stattgefundenen Befruchtung und man hat Grund, anzunehmen, dass eine solche in dem Entwicklungskreis jedes Pilzes vorkommt und dass diejenigen Genera, bei welchen sie bis jetzt noch nicht aufgefunden worden ist, ein

Lücke frei lassen, deren Ausfüllung nur durch die Schwierigkeit der Beobachtung solcher Vorgänge verhindert wird.

Der Nachweis des Generationswechsels ist zuerst von Tulasne ausgeführt worden und seitdem wurde besonders durch de Bary's zahlreiche Arbeiten der Zusammenhang vieler früher als besondere Arten beschriebener Pilze aufgefunden. Auch ist es jetzt durch die sorgfältigen Untersuchungen von Baranetzky, Reess, Itzigsohn, Schwendener und Famintzin*) festgestellt, dass die Flechten, welche früher eine besondere Classe ausmachten, Pilze sind, Ascomyceten, und die in ihnen sich vorfindenden grünen Gonidien, Algen, welche von dem Gewebe der Pilze vollständig eingeschlossen werden, so dass also die Pilze die Schmarotzer dieser Algen sind. Durch Cultur der isolirten Flechtengonidien gelang es, dieselben weiter fortbildungsfähig zu machen und aus ihnen Zoosporen zu entwickeln.

Den schlagendsten Beweis für die Richtigkeit dieser Ansichten über die parasitische Natur wenigstens eines Theils der Flechten lieferte Reess. Derselbe säte nämlich die Sporen einer Gallertflechte, Collema glaucescens, deren Keimschläuche auf anorganischem Boden stets bald zu Grunde gehen, auf eine Alge, Nostoc lichenoides, aus. Die entstehenden Keimfäden legten sich, reiche Verzweigungen bildend, an die Nostockugeln, ihre Spitzen schwollen an und sie trieben Fortsätze, welche in die Gallerte der Alge eindrangen. Schliesslich wurde letztere gleichmässig von dem Mycelium umwachsen und es bildete sich eine vollständige neue Collema aus.

Merkwürdig ist die Rolle, welche in diesem Falle der Pilz übernimmt. Statt wie sonst als echter Parasit die Zellen der Algen für seinen Lebensprocess zu verbrauchen und ihren Inhalt zu zerstören, besorgt er hier gerade umgekehrt die Ernährung des auf allen Seiten von ihm umsponnenen Nostoc. Letzteres ist natürlich in Folge dessen nicht im Stande, seine Nahrung selbst aufzunehmen; dies thun die Hyphen des Pilzes,

*) Famintzin et Baranetzky. Mémoires de l'Acad. impér. des sc. de St. Petersbourg. VII. série. Tome XI., No. 9.

Schwendener. Algentypen der Flechtengonidien. Basel 1869.

Reess, M. Ueber die Entstehung der Flechte Collema glaucescens. Hoffm. Monatsber. d. kgl. Akad. d. Wissensch. z. Berlin. 1871.

welche sich hier verhalten, wie die Wurzeln höherer Pflanzen den Blättern gegenüber. Das Nostoc stirbt ab, wenn die Hyphen fehlen oder vom Boden abgewendet und beschädigt werden.

Alle die bisher besprochenen Entdeckungen der Neuzeit haben eine vollständige Umwälzung in der Mycologie hervorgerufen; die ganze frühere Eintheilung der Pilze musste aufgegeben werden, und es kann auch heute noch lange nicht von einer definitiven solchen die Rede sein; denn noch zu viele stehen vereinzelt da, ohne dass es gelungen ist, ihre entsprechende Zusammengehörigkeit mit den andern Formen aufzufinden. Oft ist man im Stande, gestützt auf die Analogie anderer verwandter Gattungen, für Pilzformen schon im Voraus die künftige Stellung anzugeben, auch wenn sie noch nicht durch die Entwicklungsgeschichte bekannt ist. So wurden z. B. die Arten einer ganzen früheren Familie, der Fadenpilze, Hyphomycetes seu Haplomycetes, theils unter die Peronosporeen, theils unter die Pyrenomyceten vertheilt. Für die übrig gebliebenen noch isolirten ist es sicher, dass sie ebenfalls später in diese grossen Familien aufgenommen werden, sobald durch weitere Forschungen ihr Zusammenhang mit Repräsentanten derselben festgestellt sein wird. Es sind daher auch die so häufig in älteren Werken erwähnten Fadenpilze als eigene Familie jetzt gänzlich aus dem Systeme gestrichen.

de Bary hat eine Classification der Pilze vorgeschlagen, welche sich am meisten dem Standpunkte der heutigen Wissenschaft anschliesst.

Wir geben sie mit geringen Abänderungen in Folgendem:

I. Phycomycetes. Diese Abtheilung erinnert in mannigfachen Beziehungen als eine Vermittlungs- und Uebergangsstufe an die Algen, besonders an die Vaucheriaceen. Sie zerfällt in 4 Familien:

1) Die Chytridiei. de Bary schliesst diese Familie von den Pilzen aus. Es sind kleine, zuerst von Prof. A. Braun aufgefundene, theils auf Algen, theils im Gewebe vieler Dicotyledonen (Synchytrium) lebende Schmarotzer ohne Mycelium, die sich durch kleine Schwärm- oder Dauersporen fortpflanzen. Ihre nähere Beschreibung wird unten folgen.

2) Die Saprolegniei. Sie werden ebenfalls von Vielen

unter die Algen gerechnet. Die Vermehrung findet durch in Zoosporangien gebildete Schwärmsporen, sowie durch Oosporen statt, welche auf geschlechtlichem Wege durch Befruchtung von Antheridien und Oogonien entstanden sind. Die schwärmsporenbildenden Generationen, Fig. 11, treten gewöhnlich mehrmals hinter einander auf, wobei sich die Entwicklung und der Austritt der Zoosporen je nach den verschiedenen Gattungen vielfach modificirt. Sehr häufig umgeben sie sich innerhalb des Sporangiums mit einer Cellulosemembran, sie verlassen dann diese Membran entweder noch während des Ausschwärmens oder sie treten mit ihr umgeben heraus und bleiben vor der Mündung liegen; nach einiger Zeit verlässt dann jede Schwärmspore ihre Hülle und eilt davon, so dass also ein vollständiger Häutungsprocess stattfindet. Hat die Bildung dieser ungeschlechtlichen Sporangien einige Zeit lang angedauert, so kommen die Geschlechtszellen zum Vorschein und zwar an denselben Pflanzen bei den monöcischen Saprolegnieen, wobei die Oogonien von Antheridien-Zweigen umschlungen werden, welche Fortsätze durch schon vorher in der Membran vorhandene Löcher in sie hineintreiben; oder die männlichen und die weiblichen Zellen entstehen gesondert auf verschiedenen Pflanzen; bei diesen diöcischen Saprolegnieen wird dann die Befruchtung höchst wahrscheinlich durch schwärmende Spermatozoïden ausgeführt, welche in den Antheridien ausgebildet werden.

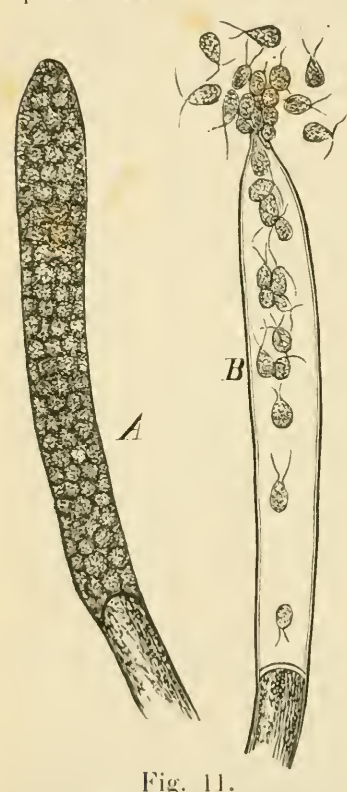


Fig. 11.
Zoosporangien von Saprolegnia A. Zerklüftung des Plasmainhaltes zur Bildung der Schwärmsporen. B. Das Sporangium ist geöffnet und die Zoosporen sind im Austreten begriffen.

In beiden Fällen ist das Resultat der Befruchtung die Entstehung mehrerer doppelhäutiger Oosporen innerhalb des Oogoniums, welche nach längerer Ruhezeit zur Keimung gelangen. Es wurde ausser den angeführten Arten von Fortpflanzung noch eine dritte durch Conidien vermittelte angegeben; nach Privatmittheilungen von Dr. Magnus sind aber die dafür gehaltenen Organe nichts weiter als verkümmerte Schwärmsporangien. Die Saprolegnieen wachsen auf in Wasser gefallenen Insectenkörpern, auf Fischen und andern thierischen und pflanzlichen Substraten und können leicht, besonders auf ersteren erzogen werden.

3) Die Peronosporei. Diese bewohnen nur lebende Pflanzen, in deren Innerm sie ihr Mycel ausbreiten. Die Fortpflanzung findet durch Conidien statt, welche auf durch die Epidermis der Nährpflanze hindurchgebrochenen Hyphen entstehen, sowie durch Oosporen, welche im Parenchym des Wirthes gebildet werden und zur Ueberwinterung bestimmt sind. Hierher gehören noch genauer zu schildernde, früher der jetzt aufgehobenen Familie der Hyphomyceten zugetheilt gewesene Schmarotzerpilze.

4) Die Mucorinei.*) Diese ist eine sehr vielgestaltige Familie, reich an zierlichen Individuen. Sie leben hauptsächlich auf organischen Verwesungsproducten. Einige, wie Mucor Mucedo, gehören unter die häufigsten aller Pilze. Die Fortpflanzung geschieht durch Conidien, in Sporangien gebildet und durch Zygosporen.

Alle besitzen sie ein reich verzweigtes, im jugendlichen Zustande völlig scheidewandloses Mycelium, welches sich sowohl innerhalb des Nährsubstrates als auch auf demselben ausbreitet. Mit zunehmendem Alter bekommt es seltene Scheidewände und sehr häufig sammelt sich dann das noch vorhandene Protoplasma an einzelnen Stellen an, rundet sich ab und trennt sich durch Scheidewände von den übrigen Theilen des Myceliums. Diese Bildungen verursachen tonnenförmige oder kuglige Anschwellungen, sie kommen einzeln oder in Reihen hinter einander vor, keimen leicht, und sie wurden von Bail

*) Ausführliche neueste Abhandlung über das Genus Mucor von Dr. Zimmermann. Chemnitz 1871.

Gonidien, von de Bary Gemmen oder Brutzellen genannt; Zimmermann zählt hierher auch Hallier's Macroconidien und Coeman's Chlamydosporen.

Vom Mycelium erheben sich als Zweige desselben die Fruchthyphen, welche jung stets farblos sind und oft Verzweigungen in Wirtelform oder zerstreut besitzen. Die Enden der Fruchtträger sind keulig angeschwollen und mit reichem Protoplasma versehen. Sie grenzen sich bald durch eine Scheidewand vom übrigen Theil der Hyphe ab und erstere wölbt sich bei weiterem Wachsthum mehr oder weniger hoch als Columella empor. In dem Inhalt der kugligen Zelle, dem künftigen Sporangium, findet eine Differenzirung des Plasmas statt in zahlreiche kuglige Portionen, welche sich immer mehr individualisiren und endlich mit einer Membran versehen als Sporen characterisiren. Dieselben entstehen sehr zahlreich innerhalb der Sporangien, dagegen ist ihre Zahl viel weniger gross bei solchen Formen mit verzweigten Fruchthyphen und kleinen als Sporangiolen bezeichneten Sporenbehältern. Die Sporangiumwand nimmt mit zunehmender Reife dunkle Farbe an, Fig. 12, oft trägt sie warzige Hervorragungen und die Sporen werden durch das Platzen oder Zerfliessen derselben frei, worauf sie sofort keimfähig sind.



Fig. 12.
Sporangien von Mucor stolonifer, welche sich von dem mit verzweigten Ausläufern versehenen Myel erheben.

Bei vielen Mucor-Arten ist die Bildung von Ruhesporen, sogenannter Zygosporen, beobachtet worden, welche wahrscheinlich noch bei allen übrigen ebenfalls vorkommen dürfte. Die Beschaffenheit des Nährbodens sowohl in physikalischer als chemischer Beziehung mag die Ursache sein, dass sich bei den verschiedenen Species bald die einfachen, bald die verzweigten Sporangienformen, bald die Zygosporen bilden.

Letztere entstehen an Myeelzweigen durch Copulation

nach Fig. 6; sie sind mit einem dunklen, warzigen Exosporium versehen und einem dicken, durchsichtigen Endosporium. Ihre den beiden oft verschieden grossen Trägerzellen, den Suspensoren, anliegenden Seiten sind dagegen glatt. Sehr häufig ist die Aussenfläche des Mycels und der Fruchtträger der Mucorineen mit wässrigen Ausscheidungen bedeckt in Gestalt klarer Tropfen, und auf dieser Fähigkeit der Wasseraufnahme beruht das schon früher erwähnte Abschleudern der Sporangien bei Pilobolus.

II. Hypodermei. Die Familien dieser Abtheilung leben im Gewebe ihrer Nährpflanzen; um die Fruchtbildung vorzubereiten, durchbrechen sie die Epidermis und bilden zahlreiche Sporenhäufchen. Sie zerfallen in zwei Familien, nämlich:

1) Die Ustilaginei, die Russbrandpilze, mit einfachem Generationswechsel.

2) Die Uredinei, die Rostpilze, mit oft drei- und vierfachem Generationswechsel. Die Pilze aus diesen zwei Familien verursachen häufig grosse epidemische Krankheiten an unseren Culturgewächsen, welche weiter unten noch weitläufig beschrieben werden.

III. Basidiomycetes. Bei diesen werden die Sporen durch Abschnürung auf Basidien gebildet. Sie werden eingetheilt in:

1) Die Tremellinei, Gallertpilze.*) Die Substanz dieser Pilze besteht aus sehr zähen, elastischen Hyphen; sie quellen im Wasser stark gallertartig auf. Sie besitzen ein fleischiges Stroma und bei vielen werden die Sporen auf einem eigenen Hymenium gebildet. Die Enden der Hyphen schwellen nämlich kuglig an und theilen sich bald in 2—4 mit einander im Zusammenhang bleibende Zellen, Fig. 13, A. Jede der letzteren treibt nun ein mehr oder weniger langes stielartiges Sterigma und an dessen Spitze entsteht eine, selten zwei Sporen, Fig. 13, C. Die Sporen keimen nach ihrem Abfallen leicht, und es findet dabei oft die Bildung von secundären Sporidien statt, während der Inhalt der ersten Spore vollständig in die zweite überfliesst, Fig. 13, D.

---

*) Annal des Scienc. natur. 3. Série. Mémoire sur les Tremellinées par M. L.-R. Tulasne.

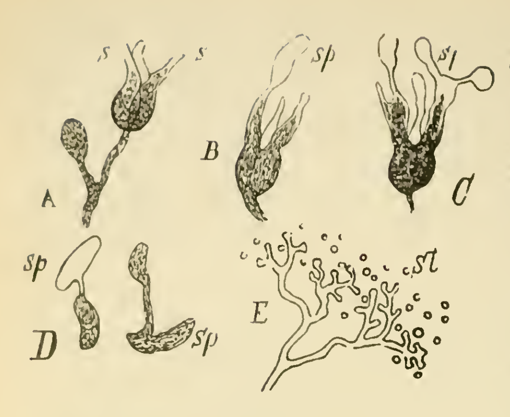


Fig. 13.

Tremella violacea Belh. A.—D. (nach Tulasne.) A. Basidienbildung; das eine getheilt und mit 3 Sterigmen s. versehen. B. Sporenbildung sp. in verschiedener Entwicklung. C. 2sporiges Sterigmen sp. D. Sporidienbildung; die alten Sporen sp. verlieren ihren Inhalt. E. Tremella mesenterica Retz. mit Spermatien st. abschnürenden Hyphen.

Ausser dieser Art der Fortpflanzung hat Tulasne noch zwischen den sporenbildenden Basidien auf der Hymenialfläche reich verzweigte Hyphen entdeckt, Fig. 13, E., deren Enden kuglig abgerundet sind und schliesslich als kleine, keimungsunfähige Spermatien in grosser Menge abgeschnürt werden.

Die Repräsentanten der Tremellinen finden sich häufig auf feuchten, faulenden Aesten und Baumstämmen, so z. B. das bekannte Exidia Auricula Judae, oft grosse Anhäufungen bildend.

2) Die Hymenomycetes. Hierher gehören unsere stattlichsten, schönsten Pilze, die Hutpilze. Die Agaricusarten bilden den Typus dieser Abtheilung. Das Mycelium ist im Verhältniss zur Grösse des Fruchtträgers selbst sehr unscheinbar; es wird daher auch häufig von Laien wenig beachtet oder völlig übersehen. Merkwürdigerweise ist über den Entwickelungsgang des Myceliums vor der Entstehung der meist gestielten Hüte noch sehr wenig bekannt und auch ein Generationswechsel ist hier noch nicht sicher festgestellt worden. Einzelne Beobachtungen von Karsten und Oerstedt deuten aber darauf hin, dass der Ausbildung der Fruchtkörper ein geschlechtlicher Act am Mycelium vorhergeht.

Die ersten erkennbaren Anfänge der Fruchtträger treten in der Regel als kleine, kegelförmige Vereinigungen zahlreicher parallel mit einander laufender Hyphen an verschiedenen Stellen des Myceliums auf, welche sich rasch vergrössern und durch Divergiren der obersten Hyphenreihen und oftmalige Bildung von Luftlücken in Hut und Stiel differen-

ziren. Sehr häufig ist der Fruchtkörper völlig nackt, in anderen Fällen ist dagegen die Unterfläche des Hutes mit einer Haut, einem Schleier, velum partiale, bedeckt, welches später zerreisst und die Fetzen dabei entweder am Stiel zurücklässt als Manschette oder sie bleiben als eine Art von Vorhang rings am ganzen Hutrande hängen. Bei vielen Gattungen ist sowohl der Hut als der Stiel von einer gemeinsamen Haut, einem velum universale, überzogen; auch dieses wird bei der Reife gesprengt und die Reste desselben erkennt man auf der Oberfläche des reifen Hutes als Membranstücke, so z. B. besonders deutlich auf dem Fliegenschwamm, Agaricus muscarius, dessen rother Hut ganz mit den weissen Rückständen des velum universale überzogen ist, während am Stiel das hier ebenfalls vorhandene velum partiale als zierlich gestreifte Manschette herunterhängt. Im Gewebe mancher Agaricus-Arten sind reich verzweigte, mit Milchsaft angefüllte Gefässe vorhanden.

Die Unterseite des Hutes der Hymenomyceten besitzt verschieden gestaltete Vorsprünge; bald sind es zahlreiche, radial vom Stiele zum Hutrande verlaufende Lamellen, bald sind letztere in concentrischen Kreisen, bald in netzartiger Verbindung angeordnet, bald sind röhren- oder zapfenartige Hervorragungen vorhanden. Es sind dies Verlängerungen der Hyphen der Hutsubstanz, sie bestehen aus langgliedrigen, nach aussen divergirenden Zellreihen, Trama genannt, deren Glieder allmählich kurz, zuletzt kuglig werden und dann in die subhymeniale Schichte übergehen. Die letztere ist vollständig vom Hymenium bedeckt; es entspringen nämlich von ihr dicht aneinandergedrängte, keulenförmige Schläuche, die Basidien, Fig. 7, von welchen einzelne steril bleiben und sich als blosse Paraphysen verhalten. Auf dem Scheitel der meisten aber entstehen zwei oder vier sich verlängernde Hervorragungen, die sterigmen, und an deren Spitze durch Anschwellung und Vergrösserung endlich die Sporen, welche bei der Reife mancherlei verschiedene Farbe annehmen. Die Keimung derselben ist bis jetzt nur bei wenigen Arten und auch dann nur bis zur Entwicklung eines reich sich verzweigenden Keimschlauches verfolgt worden.

3) Die Gastromycetes, die Bauch- oder Kapselpilze. Sie

bilden ihre Sporen im Innern von mehrschichtigen Fruchtkörpern, den Peridien, aus, in ähnlicher Weise wie bei den Hymenomyceten, nur dass auf den Basidien oft zahlreiche Sporen entstehen. Das Innere enthält eine vielkammerige Gewebeschicht, Gleba genannt, an welcher sich die Hymenialflächen befinden. Der Bau anderer Bauchpilze ist noch viel complicirter, hier wird durch eigenthümliches Wachsthum der verschiedenen Gewebeschichten das Ausstreuen der Sporen bewerkstelligt*).

IV. Ascomycetes. Hier entstehen die Sporen, gewöhnlich acht, durch freie Zellbildung im Innern von Schläuchen. Sie zerfallen in:

1) Die Protomycetes. Es ist diese die einfachste Familie unter den Schlauchpilzen, welche keinen besonderen Fruchtkörper besitzt. Das Mycel wuchert im Parenchym der Nährpflanze, oder es ist gar kein Mycel vorhanden, wie es z. B. beim Biergährungspilz, Saccharomyces cerevisiae, der Fall ist, welcher nach den Untersuchungen von de Bary und Reess hierher zu rechnen wäre**).

2) Die Tuberacei. Es sind knollenförmige, ganz oder theilweise unter der Erde wachsende Pilze, bei welchen man keinen Generationswechsel kennt. Die erste Anlage des Fruchtkörpers ist unbekannt, im reifen Zustande besteht er aus einer äusseren derben, dunklen, oft mit warzigen Erhebungen versehenen Schichte, auf welche eine innere zartere folgt, während der übrige Theil der Peridie von einem vielgliedrigen Hyphengewebe ausgefüllt ist. Die Asci entspringen von letzterem, sie liegen im Innern des fleischigen Fruchtkörpers vertheilt und sind rund oder länglich. Die in verschiedener Anzahl darin enthaltenen Sporen haben meist ein stachliges Episporium.

3) Die Elaphomycei. Dieselben schliessen sich der vorigen Familie an, sie zeigen ebenso wie diese manche Aehnlichkeit mit den Gastromyceten, doch besitzen sie keine ihr Inneres

*) Beitr. zur Morph. u Physiol. d. Pilze v. Dr. de Bary 1864. III. Zur Morphologie der Phalloideen.

**) de Bary. Beitr. z. Morph. etc. I. Zur Entwickl. v. Protomyces u. Physoderma.

in Kammern theilende Gleba, sondern der ganze Fruchtkörper ist von einem Fadengeflecht langgliedriger Hyphen durchzogen, überall durchsetzt mit der schlauchtragenden Schicht. Bei der Reife, wird der Inhalt der Peridie in ein feines, trockenes Haargeflecht, Capillitium, verwandelt, welches mit den ein schwarzbraunes Pulver darstellenden Sporen vermischt ist.

4) Die Pyrenomycetes, Kernpilze. Eine grosse Familie, von welcher mehrere verschiedene Fruchtformen bekannt sind: Conidienträger, welche aus dem Mycel entspringen; Spermogonien, kuglige Behälter, welche auf der Innenwand massenhaft Spermatien abschnüren; dann Perithecien, die höchst entwickeltste Fruchtform, längliche Gehäuse, meist mit zierlichen Haaren bedeckt, in deren Innerem die Asci mit den Paraphysen gebildet werden; endlich Pycniden, ebenfalls rundliche Conceptaceln, auf der ganzen Innenfläche mit einer Hymenialschichte ausgekleidet, von welcher sehr zahlreiche, den centralen Hohlraum ausfüllende keimfähige Sporen, sog. Stylosporen, abgeschnürt und, häufig mit Gallerte vermischt, als gewundene Schleimranken aus einer oberen Oeffnung entleert werden. Es können mehrere Fruchtformen zugleich auf demselben Mycel vorkommen, oder sie erscheinen nach einander. Viele von den als Schimmel bekannten Pilzen gehören unter die Conidienformen von Pyrenomyceten. Ihre weitere Schilderung folgt unten.

5) Die Discomycetes, Scheibenpilze. Sie besitzen eben so zahlreiche und ähnliche Fruchtformen wie die Pyrenomyceten. Bei der Entwicklung des ascustragenden, gymnocarpen Fruchtlagers ist für einige eine geschlechtliche Befruchtung nachgewiesen. Die Sporenschläuche werden auf flachen, gewölbten oder concaven, kopf- oder keulenförmigen Scheiben nebst zahlreichen zwischen ihnen befindlichen Paraphysen entwickelt. Die Fruchtkörper besitzen immer ein fleischiges Stroma, die Hymenialfläche selbst verbreitet sich auf ihrer sehr verschieden gestalteten, oft faltig gewundenen und vielfach verzweigten Oberfläche. Hierher gehören, neben grossen, sehr ansehnlichen Pilzen, wie die Helvellacei, besonders die Formen der so äusserst artenreichen Gattung Peziza, welche die kleinsten, unscheinbarsten Individuen neben grösseren in sich fasst, die meist die Gestalt von Bechern besitzen.

Eine Anzahl von Discomyceten bildet neben den vielen, sonstigen Entwicklungsphasen noch die schon früher beschriebenen Dauermycelien oder Sclerotien.

Die Schizomycetes (Nägeli.)

Eine besondere Abtheilung, deren Stellung noch sehr unsicher ist, bilden die Schizomyceten, die Spaltpilze, wohin die Vibrionen und Bacterien, Zoogloea Cohn, Spirillum etc. gehören. Man weiss nicht recht, ob man sie den Algen oder den Pilzen anreihen soll. Es sind die verschiedensten Ansichten über ihre Entstehung und Organisation aufgestellt worden.

Diese Gebilde stehen an der Grenze des Thier- und Pflanzenreiches, sowie des mikroskopischen Sehens.

Wegen ihrer Beweglichkeit sind sie oft für Thiere angesehen worden, doch werden sie in neuerer Zeit ziemlich allgemein unter die Pflanzen gezählt und von Vielen als Entwicklungsstufen von Pilzen betrachtet. Andere trennen sie von diesen, weil die Pilze ganz verschiedene Fortpflanzungsarten haben, und zweitens, weil letztere in vegetativer Hinsicht sich durch ihr terminales Wachsthum auszeichnen, während die Schizomyceten auf allen Punkten ihre Gliederzahl gleichmässig vermehren. Die ihrem Verhalten zunächst stehenden Verwandten sind nicht die Pilze, sondern die Algenfamilie der Nostocaceen, welche in vielen Form- und Entwicklungserscheinungen mit ihnen übereinstimmen, z. B. in Zelltheilung, Anordnung der Zellen, Vereinigung zu Gallertstöcken, ferner in Beweglichkeit und Bewegungslosigkeit.

Die Schizomyceten, welche wegen ihrer leichten Zerbrechlichkeit diesen Namen führen, bestehen aus farblosen Zellen

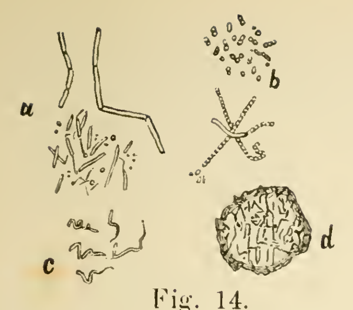


Fig. 14.
Bacterien. a. in verschiedener Grösse und Länge der einzelnen Zellen; b. rundliche Bacterien und Monasketten in Zweitheilung begriffen; c. Spirillen; d. Zoogloeamasse, mit in den Schleim eingebetteten Bacterien.

von rundlicher oder cylindrischer Gestalt; sie vermehren sich durch fortwährende Zweitheilung, man trifft sie häufig in der Mitte eingeschnürt und die Zellchen sind entweder frei oder zu Reihen oder kleinen Körpern, Gallertstöcken, vereinigt, s. Fig. 14. In letzterem Falle stellen sie palmellaartige farblose Massen vor, innerhalb welcher die Bacterien nach allen Richtungen hin in ruhendem Zustande herumliegen. Durch Gallerte sind sie von einander getrennt und diese Form zeigen ausser der gemeinsten Bacterienart, Bact. Termo Duj. auch andere; man trifft rundliche und kleine stabförmige Zellchen solchen Schleimklümpchen eingelagert. Gegen das Ende ihrer Ruheperiode bekommen sie alle plötzliche Bewegung, sie drehen und wenden sich und schwärmen dann insgesammt aus ihrer Gallerthülle ins Freie.

Die Grösse der Bacterien ist eben so veränderlich wie ihre Gestalt und Bewegung; als Vibrionen werden von Vielen solche Formen unterschieden, welche an beiden Enden angeschwollen sind, aber auch dieses Verhalten wechselt sehr und kann allgemein auftreten, weshalb jetzt die meisten Forscher keine scharfe Grenze mehr zwischen Bacterien und Vibrionen ziehen. Die Spirillen zeigen eine spiralig sich drehende und windende rasche Bewegung.

Hallier theilt die Bacterien in ruhende und bewegliche. Zu letzteren rechnet er die Vibrionen und diese trennt er ganz von den Pilzen und theilt sie der Algengruppe der Oscillarineen zu. Dieser Forscher betrachtet überhaupt, wie wir schon jetzt in Kürze anführen wollen, die Bacterien als Entwicklungszustände der verschiedensten Pilze, ohne übrigens die Annahme auszuschliessen, dass auch noch andere Organismen an ihrer Bildung sich betheiligen können. Für die kleinen, rundlichen Bacterien gebraucht Hallier den Namen Micrococcus und seine Untersuchungen gehen zum grossen Theil darauf hinaus, nach-

zuweisen, dass diese Gebilde bei Infectionskrankheiten thätig sind und durch bestimmte Einflüsse der Temperatur, des Luftzutritts und der chemischen Beschaffenheit des Nährbodens zu höheren Pilzen erzogen werden können. Die Culturversuche Halliers, deren Resultate sowie die Einwendungen anderer Forscher gegen dieselben werden wir unten noch näher erörtern.

Die Vibrionen und Bacterien sind ausserordentlich verbreitet. Sie finden sich in der Luft, im Wasser, im Käse, in längere Zeit stehendem Urin, überhaupt in allen faulenden Flüssigkeiten, ebenso im Mundschleim. Jede, organische Bestandtheile enthaltende Flüssigkeit, frei der Luft ausgesetzt, bekommt nach wenigen Tagen ein trübes Ansehen, zahlreiche weissliche Flocken schwimmen darin umher oder setzen sich am Boden fest; sie entstehen durch solche äusserst rasch sich vermehrende Organismen. Dabei zersetzen sich die Flüssigkeiten immer mehr unter reichlicher Entwicklung von übelriechenden Gasen.

Die Schizomyceten, deren unendliche Kleinheit die Untersuchung ihres Lebens und Wachsthums so sehr erschwert, kommen von allen mikroskopischen Gebilden am häufigsten in den Verdacht, die Ursache und die Verbreiter von ansteckenden Krankheiten zu sein. Wir werden unten noch weitläufiger auseinandersetzen, welche Ansichten man über ihre Wirkungsweise, ihre Zusammengehörigkeit mit Pilzen oder ihre Selbstständigkeit aufgestellt hat.

Hefe und Gährung.

Einer der einfachsten Pilze, der sich besonders dadurch auszeichnet, dass hier das sonst so typische Mycelium fehlt, ist die Hefe. Sie war schon längst ein Zankapfel der Gelehrten und ist dies auch noch bis heute geblieben. Kein Wunder, wenn man die Kleinheit des Objects, die Schwierigkeit der controllirenden Versuche bedenkt. Die verschiedensten Ansichten machten sich geltend über die Selbstständigkeit der Hefe oder deren Zusammengehörigkeit mit andern Pilzen.

Die Hefe, sowie die Bacterien, waren auch immer den Verfechtern der generatio spontanea die willkommensten Objecte. Pasteur war es, dem es gelang, die Meinungen über diese Anschauung umzugestalten. Er zeigte, dass in gährungsfähigen, aber stark gekochten Flüssigkeiten, welche noch kochend luftdicht verschlossen wurden, keine Gährung eintritt, sofort aber, wenn Hefe zugesetzt oder der Luft freier Zutritt gestattet wird. Wird aber Luft durch Baumwolle oder durch ein gebogenes Glasrohr zugeführt, dieselbe dadurch von den in ihr enthaltenen Sporen etc. gereinigt, so tritt ebenfalls keine Gährung ein. Dieser Versuch wurde seitdem von vielen Forschern wiederholt und bestätigt.

Hefe ist also unbedingt nothwendig zur Gährung, sie bildet sich aber nicht aus der Flüssigkeit, sondern muss zur Einleitung der Fermentation zugesetzt oder aus den in der Luft befindlichen Organismen erzeugt werden. Nägeli wandte zwar ein, dass die Flüssigkeiten durch Kochen unfähig gemacht würden zu Zersetzungen, doch haben van der Brök und Pasteur frischen Harn und frisches Blut ohne Erhitzen frei von Organismen erhalten. Damit hat aber die Lehre von der freien Erzeugung organisirter Gebilde in Flüssigkeiten,

ihre Beweiskraft verloren. Freilich müsste schliesslich für das erste Entstehen der Organismen eine generatio spontanea angenommen werden, doch ist diese Ansicht für unsere Untersuchungen zu einer Hypothese von geringerer Bedeutung geworden.

In neuester Zeit hat der englische Professor Bastian*) gemeinsam mit Frankland zahlreiche Versuche mit verschiedenen gährungsfähigen Flüssigkeiten angestellt, welche er in starken Glasgefässen unter erhöhter Temperatur und Druck lange kochte, worauf er letztere in conc. Schwefelsäure legte. Andere solche Gefässe versah er mit oft gebogenen Glasröhren, um den Zutritt der Luft zu vermitteln. In allen diesen Fällen, die mit Beobachtung jeder Cautelen angestellt wurden, will Bastian nach kurzer Zeit durch Generatio spontanea entstandene Organismen beobachtet haben, Bacterien, Vibrionen, Leptothrix, Hefe etc.

Bastian's Versuche werden von Anderen bestritten aus folgenden Gründen. Die Glaswände werden von den überhitzten Flüssigkeiten angegriffen; es lösen sich kleine Glassplitterchen los, welche leicht unter dem Mikroskop für niedere Organismen gehalten werden können. Auch ist es möglich, dass in den Gefässen Risse entstehen, durch welche die so kleinen Bacterien, Vibrionen etc. von aussen hinein gelangen können.

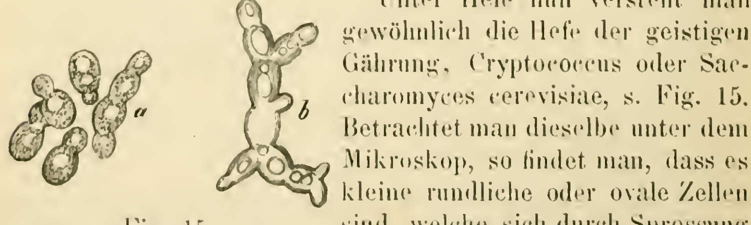


Fig. 15.
Saccharomyces cerevisiae; a. Unterhefe. b. Oberhefe.

Unter Hefe nun versteht man gewöhnlich die Hefe der geistigen Gährung, Cryptococcus oder Saccharomyces cerevisiae, s. Fig. 15. Betrachtet man dieselbe unter dem Mikroskop, so findet man, dass es kleine rundliche oder ovale Zellen sind, welche sich durch Sprossung vermehren, d. h. an einer oder an mehreren Stellen stülpt sich die Membran aus, es bildet sich ein kleines, knopfförmiges Kör-

*) Bastian, Ch. The modes of origin of lowest organisms, including a discussion of the experim. of M. Pasteur and a reply to some statement by Proff. Henslow and Tyndall. 1871.

perchen, welches sich rasch vergrössert, indem ein Theil des protoplasmatischen Inhalts der Mutterzelle in die neue Tochterzelle überfliesst und sie ernährt. Später gliedert sich diese neu entstandene Hefenzelle von ihrer Mutterzelle durch eine Membran ab und zwar bleiben die einzelnen Zellen entweder mit einander lose verbunden und bilden rosenkranzartig verästelte Sprossverbände, dies findet bei obergähriger Hefe statt; oder sie trennen sich, höchstens je zwei bleiben verbunden; letzteres ist die Hefe der Untergährung. Der Inhalt von lebhaft vegetirenden Hefezellen ist körnig plasmatischer Natur, mit Oeltröpfchen und oft mit grossen Vacuolen vermischt.

Diese Hefe ruft durch ihren Lebensprocess eine Zersetzung des Zuckers in Alkohol und Kohlensäure hervor. Letztere beiden Producte sind übrigens nur die Hauptbestandtheile, welche bei der geistigen Gährung entwickelt werden; es entstehen ausserdem noch so zahlreiche secundäre Körper dabei, dass jede chemische Formel, welche diesen complicirten Vorgang ausdrücken wollte, zu einfach wäre.

Ausser der geistigen unterscheidet man noch die saure und die ammoniakalische Gährung und auch bei diesen hat man verschiedene Hefeformen und Pilze thätig gefunden. Ebenso spielen die Bacterien und Vibrionen bei diesen Gährungen eine grosse Rolle.

Dagegen glaubt Liebig, dass die Zersetzungsprocesse nicht sowohl durch niedere Pilzformen, als durch chemische Einflüsse hervorgerufen werden. Doch giebt derselbe zu, dass jene insofern dabei thätig sind, als sie den Sauerstoff der Luft auf die verwesende Substanz übertragen helfen.

Gährung nennt man überhaupt die eigenthümlichen Spaltungsprocesse, welche die organischen Körper erfahren, wenn sie mit einem Ferment in Berührung kommen. Fermente heissen aber alle Körper, welche unmittelbare Ursachen von Zersetzungen sind; doch sind fernere Bedingungen der Gährung eine geeignete Temperatur, Wasser und meist der Zutritt der atmosphärischen Luft. Die Fermente können übrigens nicht allein pflanzliche sein, sondern auch chemisch wirkende. So werden z. B. alle Glucoside nicht allein durch die Einwirkung von Fermenten, sondern auch durch Säuren und Alkalien meist unter Aufnahme von Wasser in Traubenzucker

und in einen theils harzartigen, theils krystallisirbaren Stoff gespalten. Auch kann bei der Keimung des Getreides die Spaltung des Amylums in Traubenzucker und Dextrin nicht durch ein pflanzliches Ferment stattfinden.

Solche Ueberlegungen veranlassten Liebig*), als die Ursache der Zersetzung, die Gegenwart eines Körpers anzunehmen, welcher sich in fortwährender Aenderung seiner molecularen Bestandtheile befindet und diese Veränderlichkeit auch auf die gährungsfähige organische Substanz überträgt, wodurch z. B. das Zerfallen des Zuckers in Alkohol und Kohlensäure herbeigeführt wird. Liebig nennt solche Körper Contactsubstanzen. Er bestreitet die Ansicht Pasteurs, welcher sagt, dass Gährung begründet sei auf dem Leben und der Entwicklung der Hefe, dass diese durch ihre Lebensakte das Zerfallen des Zuckers bewirke. Natürlich wird nach Liebig durch die Vermehrung der einzelnen Hefezellen auch die Quantität der in Umwandlung begriffenen chemischen Substanz vermehrt, sie wird also von denselben erzeugt; aber an und für sich hat sie mit der Hefe nichts zu thun, sie ist ein rein chemisches Product und es muss gelingen, dieselbe für sich zu isoliren und dann durch sie allein die alkoholische Gährung hervorzurufen. Nimmt man ein solches Ferment, eine solche Contactsubstanz, auch bei den übrigen Gährungsformen an, wobei je nach den Umständen die Beschaffenheit und die Zusammensetzung der Fermente sich verändert, so wird die Erklärung des Vorgangs bei der Gährung viel einfacher und man hat dann nicht mehr nöthig, einen Unterschied zwischen pflanzlichen und rein chemischen Fermenten zu machen.

Pasteur betrachtet also die Gährung als einen ohne Gegenwart der Hefe unmöglichen physiologischen Process**), Liebig dagegen nimmt an, dass neben dem physiologischen Vorgang bei dem Wachsthum der Hefen die Hauptwirkung der Zer-

*) J. v. Liebig, Ueber Gährung, Quelle der Muskelkraft und Ernährung. Leipz. 1870.

**) Pasteur, Mémoire sur la fermentation alcoolique. Annales de Chimie et de Physique. 3te Série. T. LVIII. pag. 359. Deutsch v. Victor Griesmayer. Augsburg 1871.

Pasteur, Mémoire sur les corpuscules organisés, qui existent dans l'atmosphére. Annal. d. Chim. et de Phys. 3te Série T. LXIV.

setzungen einem in chemischer Umänderung begriffenen Bestandtheil der Hefezellen zuzuschreiben sei und dass man lebende Hefezellen zur Erregung von Alkoholgährung nicht unbedingt nothwendig habe.

Nach seiner Ansicht ist im Innern der Hefe ein schwefel- und stickstoffhaltiger Körper in Verbindung mit einem Kohlehydrat vorhanden, welcher in fortwährender molecularer Bewegung begriffen ist. Sein Kohlehydrat zerfällt in Alkohol und Kohlensäure, worauf etwas des schwefel- und stickstoffhaltigen Körpers in der Flüssigkeit löslich wird und dieser die Bewegung mittheilt, so dass eben durch diesen Anstoss dann die Gährung hervorgerufen wird. Setzt man zu einer Mischung von Hefe und Wasser Rohrzucker, so dringt letzterer in die Zelle ein, er verhält sich wie deren Kohlehydrat, d. h. er leitet die Gährung des Zuckers ein und zerfällt durch die Einwirkung jenes schwefel- und stickstoffhaltigen Körpers in Alkohol und Kohlensäure.

Uebrigens ist, wie bereits oben bemerkt wurde, bei der geistigen Gährung die Zersetzung niemals so einfach, es wird immer etwas Glycerin und Bernsteinsäure gebildet.

In reinem Zuckerwasser bringt nun nach Liebigs Versuchen die Hefe zwar Gährung hervor, aber auf Kosten ihres schwefel- und stickstoffhaltigen Inhalts, der zur Ernährung der wenigen neu sich bildenden Zellen verwendet wird; gebraucht man dieselbe Hefe öfters zu dem nämlichen Versuch, so verliert sie bald ihre Wirkung! Die Hefezellen vermehren sich zwar dabei, aber nur die Cellulosemembran, während der relative Stickstoffgehalt des Zellinhaltes fortwährend abnimmt.

Liebig bestreitet den Versuch Pasteurs, dass in einer Nährlösung, bestehend aus weinsteinsaurem Ammoniak, Zucker und Hefenasche die Hefe sich vermehre, besonders, weil kein Schwefel vorhanden ist. Letzteres Element findet man aber stets in den Hefezellen und ohne ihn könnten sich die Albuminate derselben nicht bilden. Ueberhaupt ist kein Beispiel bekannt, dass durch directes einfaches Zusammentreten von Ammoniak und Zucker Eiweiss entstehen kann.

Die Essigbildung hält Liebig ebensowenig hervorgerufen durch einen physiologischen Process, d. h. durch die Entwick-

lung eines Pilzes, Mycoderma aceti, sondern ebenfalls für einen chemischen Vorgang, für einen reinen Oxydationsprocess. Er stützt sich dabei auf die Thatsache, dass in Schnellessigfabriken die Spähne und Kohlen, durch welche der Alkohol zum Zwecke der Oxydation läuft, meist frei von Mycoderma aceti sind. So verwandelt Platinmohr den Alkohol bekanntlich ebenfalls in Essigsäure.

Auch Hoppe-Seyler hat in neuester Zeit zahlreiche Versuche angestellt, welche ihn zu dem Resultat führten, ebenfalls den Standpunkt Liebig's gegen Pasteur einzunehmen. Er fand, dass Gährungen möglich sind ohne Organismen, blos durch ein chemisch wirkendes Ferment unter Vermittlung von höherer Temperatur. Nach ihm können bestimmte Organismen mit einem bestimmten Leben nicht bestehen ohne bestimmte Gährungen. Nicht allein die niederen Pflanzen und Thiere enthalten nach Hoppe-Seyler in ihrem Innern chemische Substanzen, welche sich als Gährungserreger verhalten, sondern auch alle übrigen auf höherer Stufe stehenden. Sie haben solche Verbindungen nöthig zu ihrer Ernährung und zur Zubereitung und Umwandlung der Nahrungsmittel, Processe, welche entweder im Innern der Organismen oder auf deren Oberfläche stattfinden. Für die chlorophyllfreien parasitischen Gebilde sind solche Bestandtheile schon desswegen erforderlich, weil sehr häufig ihr Leben während der Gährungen bei Abschluss vom Sauerstoff der Luft und vom Sonnenlicht stattfindet.

Letztere Frage gewinnt insofern eine hohe Bedeutung, als man in neuerer Zeit bei verschiedenen menschlichen Infectionskrankheiten innerhalb der Gewebe zahlreiche bacterienähnliche Massen in reichlicher Vermehrung, die befallenen Theile zerstörend, aufgefunden hat. Natürlich kann hier von einer Sauerstoffaufnahme aus der Luft keine Rede sein, vielmehr wird derselbe nebst anderen Elementen von den Parasiten direct durch Zersetzung der Theile aufgenommen, innerhalb welcher sie sich angesiedelt haben.

Hoppe-Seyler hat aus der Bierhefe ein Ferment isolirt, welches in wässriger Lösung rasch die Umwandlung des Rohrzuckers in Trauben- und Fruchtzucker, den ersten Anfang der Gährung, bewirkt. Es ist ein weisses, trocken in Alkohol ohne Veränderung aufbewahrbares Pulver. Dasselbe wird von den

lebenden Hefezellen zurückgehalten; erst wenn man dieselben mit etwas Aether tödtet, lässt es sich leicht mit Wasser ausziehen und dann durch Verdampfen der Lösung gewinnen.

Wie angegeben, hält Pasteur die Gährung für einen vitalen Process, abhängig vom Leben und der Entwicklung der Hefe, mit Zusatz derselben zur Flüssigkeit beginnt dieser Process, bei ihrem Tod steht er still. Nach ihm gibt es keine Alkoholgährung ohne Hefenzellen und ohne ein weiteres fortgesetztes Leben von schon gebildeten Zellen und dasselbe ist auch bei allen übrigen Gährungsformen der Fall.

Wird Hefe in eine gährungsfähige Flüssigkeit gebracht, so vermehrt sie sich ausserordentlich. Pasteur sagt, dass sie dabei ihre Nahrung aus der Flüssigkeit zieht, wodurch sie eben die Gährung veranlasst, ihren Sauerstoff nimmt sie bei ungehindertem Luftzutritt aus dieser, bei mangelhaftem aus dem Substrat selbst. Steht die gegohrene Flüssigkeit noch ferner an freier Luft, so wird Sauerstoff aufgenommen, der Process schreitet noch weiter fort, der Alkohol zerfällt in Aldehyd und Essigsäure, so dass also saure Gährung eintritt, begleitet von zahlreichen Schimmelformen.

Es giebt nun noch zwei Zersetzungsvorgänge, welche in stickstoffhaltigen organischen Körpern stattfinden, die Verwesung und die Fäulniss. Beide Processe sind ausserordentlich verbreitet, sie laufen häufig neben einander her und bilden die Vermittler des Kreislaufs in der Natur, indem sie die complicirten organischen Verbindungen in immer einfachere verwandeln und der Atmosphäre zurückgeben. Verwesung findet bei ungehemmtem, Fäulniss bei mangelhaftem Luftzutritt statt. Die letztere liefert niedrige Zersetzungsproducte unter Entwicklung von Ammoniak, während die Verwesung stets von hochoxydirten Körpern begleitet ist. Die durch gehinderten Luftzutritt eingeleitete Fäulniss kann durch gehörige Zuleitung von Sauerstoff in den Process der Verwesung sich umwandeln. Bei jeder Fäulniss treten die als Vibrionen und Bacterien bezeichneten Körper massenhaft auf; sie sind die steten Begleiter der Fäulniss.

Morphologische Abstammung der Hefe.

Noch mehr als über die chemische Wirkungsweise der Hefe, sind die Ansichten über deren morphologische Abstammung verschieden. Es hängt dies mit der Frage zusammen, ob für jeden Gährungs- oder überhaupt Zersetzungsprocess ein ganz bestimmter, specifischer Organismus existire oder ob die Form und die Entwicklungweise desselben immer entsprechend der chemischen und physikalischen Beschaffenheit des Nährbodens sich verhalte. So wird denn auch die Hefe der geistigen Gährung von den Einen als besondere, durch die Nährverhältnisse hervorgebrachte Entwicklungsmorphe gewöhnlicher Schimmelformen angesehen, während Andere zu dem Ergebniss gekommen sind, dass sie eine selbstständige, mit keinem andern Pilz zusammenhängende Species bilde.

Bail hat eine Abhandlung geliefert,*) worin er erklärt, dass zu einem selbstständigen Pilz die Anwesenheit eines Mycelium erforderlich sei, welches bei der Hefe nicht vorhanden ist. Er glaubt daher, dass die Hefe nur eine durch veränderte Nahrungs- und Lebensbedingungen herbeigeführte Abänderung von höheren Pilzen sein müsse. Seine Untersuchungen ergaben, dass die Hefe in schwächerer Würze ihre länglichrunde Gestalt in die von gewöhnlichen langgestreckten Pilzfäden umwandle, doch gelang es ihm nicht, die Hefe wirklich in einen höheren Pilz überzuführen. Bail glaubt, dass jede Hefezelle der cylindrischen Zelle eines Mycelfadens entspricht und dass die Hefezellen also als sterile Pilzfäden anzusehen sind. Er fand, dass die Hefe in die gährungsfähigen Flüssigkeiten zuerst durch die Sporen gelangt, welche sich

*) Dr. Th. Bail, Ueber Hefe. Flora 1857, Nro. 27 u. 28.

in der atmosphärischen Luft befinden. Aus Penicillium-Sporen erzog Bail in ausgekochter Würze Hefe, welche der gewöhnlichen vollkommen glich und stürmische Gährung veranlasste. Er glaubt also, dass die Hefe aus den Sporen der unter dem Namen Schimmel allverbreiteten Pilze entsteht. Auch kommt Bail zu dem Schlusse, dass die Zersetzung der Flüssigkeit erst durch die Vegetation der Hefe bewirkt wird. Je rascher sich diese vermehrt, desto schneller verläuft die Gährung. Er glaubt, dass verschiedene Hefearten verschiedene Gährungen hervorrufen. Dass es so schwer ist, nachzuweisen, von welchem Pilz die Hefe abstammt, rühre davon her, dass die Hefe aus der erblich gewordenen sprossenden Form nur schwer im Stande ist, zur normalen Pilzentwicklung zurückzukehren.

Bei der Aussaat von Mucor-Sporen in Flüssigkeiten entdeckte Bail in den sich entwickelnden Hyphen die Bildung von vegetativen Sprosszellen, welche er Gonidien oder Brutzellen nannte. Sie treten interstitiell an untergetauchten Mycelfäden auf und sprossen in Würze ganz nach Art der gewöhnlichen Hefezellen. Durch die verschiedensten Uebergänge ist diese Hefe, Kugelhefe genannt, mit dem ausgesäeten Mucor verbunden. Sie ist sehr grosszellig und es tritt durch sie in gährungsfähigen Flüssigkeiten ohne Zusatz von gewöhnlicher Bierhefe geistige Gährung ein, welche ruhig verläuft und wobei die Flüssigkeit stets klar bleibt.

Bonorden hat ebenfalls gezeigt,*) dass die Sporen der verschiedenen Mucor-Arten in gekochter Bierwürze oder in versüsstem Wein in wenigen Tagen Gährung und damit die Bildung von Hefe hervorrufen. Derselbe fand, dass die Zellen dieser Hefe, wenn sie frei an der Luft auf mit Wein benetzten gekochten Kartoffeln aufgetragen werden, sich verlängern, Scheidewände bilden, sich verästeln und dass dann aufrechte Hyphen entstehen, welche wieder fruchtbare Mucorsporangien hervorbringen.

Bonorden glaubt, dass die Hefe in verschiedenen Gegenden aus verschiedenen Pilzen entstehe und dass eben ihre Art be-

---

*) Bonorden, H. F., Abhandlungen aus dem Gebiete der Mycologie. Abhandl. d. naturforsch. Gesellschaft z. Halle 1864.

dingt sei durch die in einer Gegend vorkommenden Gährungs-Pilze.

Die gewöhnliche Hefe ist übrigens fast niemals rein, sondern immer mehr oder weniger mit den Sporen verschiedener häufiger Pilze verunreinigt.

Auch Hallier zeigte, dass die im gewöhnlichen Leben als Schimmel bezeichneten Pilze, Aspergillus, Botrytis, Mucor, besonders aber Penicillium als Hefe bei der Bier-, Wein- und Branntweinbereitung auftreten. Nach Hallier können überhaupt zahlreiche Pilze die Gestalt von Hefezellen annehmen, wie wir weiter unten sehen werden.

Hoffmann*) hat ebenfalls aus sehr verschiedenen Schimmelformen wie Penicillium, Botrytis, Mucor etc. Hefe gezüchtet. Ebenso erzog er andererseits aus Weinhefe Mucor und Penicillium. Er betrachtet die Sprossung der Hefe als eine besondere Art von Conidienabschnürung; sie tritt ebenso bei Mucor am Mycelium auf, wo sie dann die von Bail gefundenen Brutzellen darstellt. Die Conidienketten von Penicillium sieht Hoffmann für eine Luftform von Hefeconidien an. An der Oberfläche der Flüssigkeit entsteht nach ihm stets aus den Sporen ein reich sich verzweigendes Mycelium, welches dann wieder fruchtende Pinsel hervorbringt; will man dagegen die Hefe erzeugen, so müssen die Schimmelsporen durch fortwährendes Schütteln möglichst unter das Niveau gebracht werden, in diesem Falle sollen sie dann allmählich in die sprossende Form übergehen.

Eine eigenthümliche Ansicht vertritt Karsten, welche mit seiner Zelltheorie innig zusammenhängt.**) Nach ihm entstehen die Hefezellen dadurch, dass einzelne Mycelfäden oder Conidien von Pilzen in abnorme Lebensverhältnisse gerathen. In diesem Fall erkrankt die Mutterzelle, ihre Membran wird allmählich verflüssigt, während die endogenen Zellchen sich den neuen Bedingungen anbequemen können und zu hefeartigen Organismen heranwachsen. Doch vermögen nicht blos aus Pilzzellen, sondern

*) Hoffmann, H., Mycologische Studien über d. Gährung. Bot. Ztg. 1860.
Hoffmann, H., Zur Naturgeschichte d. Hefe. Bot. Unters. a. d. physiol Laborat. der landwirthschaftlichen Lehranstalt in Berlin v. Karsten. Bd. I. 1867. p. 341.

**) Karsten, H., Chemismus der Pflanzenzelle. Wien 1869.

überhaupt aus allen thierischen und pflanzlichen Zellen die von Karsten Secretionszellchen genannten Körperchen sich als kleine Mikrogonidien weiter zu entwickeln, wenn deren Mutterzellen in krankhafte Zustände kommen.

Penicillium-Conidien entwickeln auf der Oberfläche einer gährungsfähigen Flüssigkeit stets wieder Penicillium, werden aber die Sporen untergetaucht, so entsteht nur Hefe, die sich nicht mehr zu Penicillium ausbildet. Niemals konnte Karsten die Hefe zur Entwicklung der Pilze bringen, von welchen sie abstammt. Er glaubt daher, dass es ganz besonderer Umstände bedürfe, um aus der Hefe den betreffenden Pilz wieder heranzuziehen. Es gelang ihm, durch Aenderung der chemischen Beschaffenheit des Nährsubstrats eine Hefeform in die andere überzuführen, wodurch er die Behauptung beseitigt glaubt, dass jede Hefe eine selbstständige Pflanzenspecies sei. Karsten nimmt also an, dass die Hefezellen sich nicht mehr zur Form ihrer Mutterzelle emporschwingen, vielmehr bleiben sie als Hefeorganismen thätig, höchstens die Form von niedern Schimmelpilzen annehmend. Die Hefezellen, die sich aus ihnen entwickelnden niedern Schimmel, ferner die Bacterien und Vibrionen bringt Karsten in eine gemeinsame besondere Gruppe, welche er Schizomyceten nennt. Diese sind also verschieden von der oben unter jenem Namen betrachteten Familie Nägeli's.

Während nun so viele Forscher die Hefe als veränderte Formen von gewöhnlichen Schimmelpilzen beschreiben, haben in neuester Zeit de Bary*) und Reess gefunden, dass sie ein selbstständiger Pilz ist, welcher sich durch einen einfachen Entwicklungsgang auszeichnet und auch gut im System der Pilze untergebracht werden kann.

Reess bringt die Pilze der geistigen Gährung in eine Gattung, welche er Saccharomyces nennt.**) Von dieser Gattung sind es verschiedene durch ihre Gestalt ausgezeichnete Arten, welche bei den Gährungen auftreten. Den Alkoholfermentpilz der Bier- und Branntweinhefe heisst Reess Saccharomyces cerevisiae. Der Pilz der Ober- und Untergährung

---

*) de Bary, Ueber Schimmel und Hefe. Wissenschaftl. Vorträge v. Virchow u. Holtzendorf. 87. 88. 1869.

**) Reess, Max, Botan. Unters. über die Alkoholgährungspilze. Leipzig 1870.

ist nicht verschieden, ersterer zeichnet sich blos dadurch aus, dass die Sprosszellen vereinigt bleiben, während bei Untergährung die einzelnen Zellen getrennt sind. Es gelingt aber ziemlich schwer, die Varietät der Ober- und Untergährung in einander überzuführen. Dass dies so schwierig ist, rührt nach Reess davon her, weil die Bierhefe seit unendlich langer Zeit cultivirt wird und sich so an ihre specifische Form allmählich gewöhnt hat. Bei der Weinhefe fand Reess wieder andere Arten von Saccharomyces, welche aber nicht die Varietäten der Oberhefe und Unterhefe zeigen, was davon herrührt, dass sie nie cultivirt wurden. Die Saccharomyces-Arten der Weinhefe kommen, wie Reess fand, weder durch generatio spontanea, noch durch die Luft, sondern dadurch in den Most, weil sie sich bereits auf den Weinbeeren angesiedelt haben. Als Kahmpilz auf vergohrenem Wein und Bier fand Reess eine durch cylindrische Gestalt hervorragende Art von Saccharomyces, Sacch. Mycoderma.

Was nun die Entwicklungsgeschichte des Saccharomyces betrifft, so glaubt Reess, sie bei einigen Arten, besonders Sacch. cerevisiae, zweifellos festgestellt zu haben, Fig. 16.

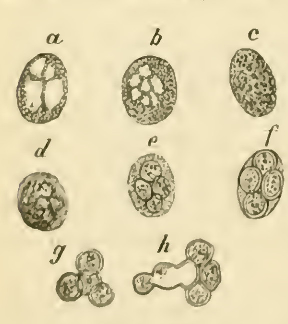


Fig. 16.

Sporenbildung von Sacch. cerevisiae nach Reess; a. Zelle mit mehreren Vacuolen, die in b. kleiner und zahlreich werden, während c. gleichmässig körnigen Inhalt besitzt; d. vier Plasmapartheien, die in e. in junge, bei f. doppelt contourirte Sporen übergegangen sind. g. Sporen nach Auflösung der Membran des Ascus frei, bei h. Beginn der Sprossung.

Nie sah er die Hefe in ein Mycel, noch weniger in einen Schimmelpilz auswachsen. Nach ihm ist vielmehr die Sprossung die einzige vegetative Formentwicklung des Saccharomyces während der Gährung. Bringt man aber Hefe, nachdem man sie vorher ausgewaschen hat, und so die Würze entfernt ist, in dünner Schicht auf die Oberfläche eines saftigen feuchten Substrates, z. B. Kartoffel- oder Mohrrübenscheiben, so sprossen zwar die einzelnen Hefezellen in den ersten Tagen lebhaft weiter, bald aber hört dies auf; viele Zellen, die alten, sterben ab, andere aber bilden Sporen durch freie Zellbildung in ihrem Innern. Die Vacuolen solcher Hefezellen verschwinden, das Plasma wird

feinkörnig, es sammelt sich um mehrere Centra und bildet kuglige Ballen, die sich am 6. oder 7. Tag mit einer Membran umgeben haben, welche doppelten Contour zeigt. Es werden 2, 3 oder 4 Sporen in einer Zelle gebildet. Die Wand der Mutterzellen wird allmählich verflüssigt und die Sporen werden frei. Sie fangen, in Würze gebracht, wieder an zu sprossen. Dies ist nach Reess der ganze Entwicklungsgang der Hefezellen; ein Mycel fehlt diesen also vollständig.

Ihre Einreihung im System würde unter die Ascomyceten sein; sie sind nackte Schlauchpilze und ihre nächsten Verwandten sind die als Exoascus und Taphrina bekannten Formen. Exoascus Pruni verursacht nach de Bary's Untersuchung die Bildung der sogenannten Taschen auf Pflaumenbäumen. Einen geschlechtlichen Act konnte Reess vor der Bildung der Sporen nicht wahrnehmen.

Reess fand ebenfalls, dass die Hyphen und Sporen von Mucor-Arten geistige Gährung hervorrufen und Hefe entwickeln. Beliebige Mycelstücke, Sporen etc. nämlich, nach Zimmermann blos diejenigen von Mucor Mucedo und Mucor racemosus, schwellen an, grenzen sich durch Scheidewände ab und fangen an zu sprossen. Doch ist die Mucorhefe, die sogenannte Kugelhefe, sofort durch ihre viel bedeutendere Grösse von derjenigen des Saccharomyces cerevisiae zu unterscheiden.

Mit obigen Resultaten glaubt nun Reess die Frage über den Hefepilz abgeschlossen. Er nimmt an, dass man die Sporenbildung an weggeworfener, vor Schimmelbildung geschützter Hefe jedenfalls finden werde, was ihm aber nicht gelungen ist, Die übrigen Forscher dagegen halten nach wie vor ihre Ansicht aufrecht und diejenige von Reess für unrichtig.

Jedenfalls ist es auffallend, dass aus Mucor, einem gewöhnlichen Schimmelpilz, sich ebenso wirkende Hefe wie diejenige des Sacch. cerevisiae entwickeln kann. Und diese Thatsache ist allgemein festgestellt. Es lässt sich leicht denken, dass noch andere Pilze geistige Gährung zu erregen im Stande wären. Auch sind von mir, wie von anderer Seite Versuche gemacht worden, nach der Methode von Reess Sporen aus dem Hefepilz zu erziehen, aber mit negativem Er-

folge. Die Hefezellen sprossten nämlich in den ersten Tagen lebhaft weiter, dann aber starben sie zum grössten Theil ab, geriethen in Fäulniss und wurden von andern secundär zum Vorschein kommenden Pilzformen, besonders Mucorarten, überwuchert. Möglich ist es, dass die Sporen nur in einer bestimmten Jahreszeit sich entwickeln. Immerhin muss man sagen, dass die Hefefrage ihre definitive Lösung noch nicht gefunden hat, so lange die Ansichten der bedeutendsten Gelehrten noch so weit auseinandergehen. Hefeartige Sprossungen kommen auch sonst bei Pilzen ziemlich häufig vor, z. B. bei den Ascosporen des oben erwähnten Exoascus, welche nach ihrer Ejaculation und Aussaat in Wasser, Zuckerlösung etc. sich ganz eben so verhalten, wie die Zellen der Bierhefe. Sie treiben nämlich an einer oder an mehreren Stellen länglich ovale Ausstülpungen, welche sich abgliedern und dann ihrerseits neue Generationen hervorbringen. Wenn die Aussaaten vor Erschütterungen geschützt werden, so bleiben die einzelnen Zellen unter einander im Zusammenhang und besonders in Zuckerlösung ist ihre Bildung eine sehr üppige und sie bekommen dann eine kugelrunde Form. Solche Sprosszellen findet man massenhaft auf der Oberfläche sogenannter Taschen von Pflaumenbäumen und sie unterscheiden sich von der Bierhefe nur dadurch, dass sie in späteren Generationen immer kleiner werden und dass sie nicht im Stande sind, alkoholische Gährung hervorzurufen.*)

*) de Bary. Beitr. zur Morph. u. Physiol. d. Pilze. Frankfurt a. M. 1864.

Beschreibung verschiedener Pflanzenkrankheiten, deren Veranlassung von Pilzen ausgeht.

Den zahlreichen Krankheitserscheinungen, welche bei den Pflanzen beobachtet werden, liegen ebenso zahlreiche Entstehungsursachen zu Grunde. Theils sind es mechanische Verletzungen, theils ungünstige Witterungs- und klimatische Verhältnisse, welche Krankheit, Verkümmerung oder Absterben bei den Gewächsen hervorbringen, theils finden wir den Grund hiezu in der für die Pflanze unrichtigen physikalischen oder chemischen Beschaffenheit des Bodens. Vor noch nicht allzu langer Zeit glaubte man die bei weitem grösste Mehrzahl aller Pflanzenkrankheiten auf Rechnung der genannten schädlichen Einflüsse setzen zu müssen und es waren zahlreiche mikroskopische Untersuchungen nothwendig, um das Auftreten einer ganzen Anzahl derselben mit ganz anderen Bedingungen in Verbindung zu bringen.

Es giebt nämlich sehr viele krankhafte Erscheinungen bei unsern cultivirten Gewächsen sowohl als bei den wildwachsenden, welche allein nur durch thierische oder pflanzliche Schmarotzer verursacht werden. Besonders letztere liefern ein Hauptcontingent zur Zerstörung oder Beschädigung zahlreicher Pflanzen und ihr verderblicher Einfluss äussert sich dabei in mehr oder minder hervorragender Weise; entweder siedeln sie sich als blosse Epiphyten nur auf der Oberfläche anderer Gewächse an und nehmen in solchem Falle den grössten Bedarf ihrer Nahrung aus der Atmosphäre oder aus dem noch rohen, unverarbeiteten Saft ihres Wirthes, den sie selbst in ihrem Innern für sich organisiren oder sie sind chlorophylllos und dann gänzlich in allen Stadien ihrer Entwicklung auf die Nährpflanze angewiesen.

Dahin gehören ganz besonders als die bei weitem verderblichsten und gefährlichsten von allen vegetabilischen Schmarotzern die Pilze, jene Classe von Parasiten par excellence.

Sahen wir, wie mächtig verändernd die Hefezellen auf ihr Substrat einwirken und beziehen wir dies auf die Pilze im Allgemeinen, so wird uns klar, welche Zerstörungen dieselben anrichten müssen, wenn sie andere Organismen befallen. Die Pilze sind in Folge ihres Unvermögens, sich selbst aus den unorganischen Stoffen die Nahrung zu bereiten, naturgemäss die heimlichen Gegner und Zerstörer der übrigen organischen Welt. Ihre Verbreitung in der Natur ist eine ungeheure; allenthalben, in der Luft, im Wasser, im Erdboden sind sie als unsichtbare Gäste stets vorhanden. Theils leben sie auf todten, in Zersetzung begriffenen Substanzen, deren Verwesung und Fäulniss bewirkend, theils bewohnen sie lebende Pflanzen und Thiere und indem sich ihre Keime von Pflanze zu Pflanze, von Thier zu Thier verbreiten, sind sie die Urheber von ausgedehnten Epidemien, welchen unzählige ihrer Wirthe zum Opfer fallen.

Bei den Pflanzen gelang es, mit Hülfe des Mikroskops, in vielen solchen auf weite Strecken sich verbreitenden Krankheitsfällen die Gegenwart von Pilzen nachzuweisen; man verfolgte dieselben in ihrer Entwicklungsgeschichte und konnte dann mit Sicherheit die Behauptung aufstellen, dass sie meist die alleinige Entstehungsursache solcher Krankheiten sind. Bevor aber dieser Nachweis gelang, hatte man sehr verschiedene Ansichten über die Rolle der Pilze zur Krankheit selbst angegeben.

Unger*) war im Jahre 1833 der Meinung, dass die endophytischen Pilze durch eine Art von Gährungsprocess aus den krankhaft veränderten Pflanzensäften durch Generatio spontanea sich erzeugen sollten. Die Entartung der Säfte wird nach ihm immer grösser, es entsteht eine sich mehr und mehr verdichtende Matrix, welche die Intercellulargänge verstopft und zuletzt in Eiterbildung übergeht. Der aus dem Innern hervorquellende Pilz sollte eben diesen Eiter vorstellen. Unger hielt solche Krankheiten für Exantheme

*) Unger, Die Exantheme der Pflanzen. Wien 1833.

der Vegetabilien und betrachtete sie, weil sie am häufigsten auf der reich mit Spaltöffnungen versehenen Unterseite der Blätter auftreten, als wahre Athmungskrankheiten. Jedes lebende Wesen sollte den Keim der Krankheit bereits in sich tragen und dabei war Unger der Meinung, dass seine Exanthempusteln nicht infectionsfähig seien. Auch die Sclerotien, jene besonders auf Blättern im Herbste sich knollenförmig verdickenden Dauergewebe zahlreicher Pilze, waren nach Unger als Indurationen aus einer Entmischung des Pflanzensaftes hervorgegangen, während die mit Perithecien versehenen Pilze Carcinomgeschwüre darstellen sollten.

Eine andere, hauptsächlich von Schleiden*) vertretene Ansicht wàr die, dass nur die Culturpflanzen von Parasiten befallen würden und dass dies eine Entartung der Gewächse in Folge der durch die lange Cultur abnorm veränderten Lebensbedingungen sei. Am längsten aber erhielt sich der Glaube, dass der entstandene Pilz zwar nicht geradezu eine Folge der Krankheit wäre, dass ihm aber stets eine krankhafte Prädisposition der Pflanze vorausgehe, welche den Boden für seine Entwicklung vorbereite.

Nur durch sorgfältige mikroskopische Untersuchungen und durch die vorschreitende Kenntniss der Entwicklungsgeschichte jener Schmarotzer wurde es möglich, den richtigen Weg zu finden und solche irrthümlichen Hypothesen zu beseitigen. Es gelang, den Zusammenhang der Sporen mit dem im Innern der Nährpflanze wuchernden Mycelium nachzuweisen, man brachte die Sporen zum Keimen und durch Tulasne's, de Bary's und Kühn's Versuche wurde die Meinung widerlegt, dass zur Pilzansiedelung ein besonderer krankhafter Zustand des Wirthes erforderlich sei. Diese Forscher bewiesen nicht allein die oft Jahre lang dauernde Keimfähigkeit der Pilzsporen, sondern sie übertrugen dieselben auch direct auf ganz gesunde Pflanzen, sie sahen, wie ihre Keimschläuche ins Gewebe eindrangen, sich dort verzweigten zum neuen Mycelium und sie bewiesen so die Ansteckungsfähigkeit der Pilze. Natürlich werden dieselben bei geselligen Pflanzen weit zahlreicher und verheerender auftreten können, als bei

*) Schleiden, Grundz. d. wissensch. Botanik. III. Aufl. 1850.

solchen, deren einzelne Individuen weit von einander entfernt stehen und dies ist der Grund, dass die Culturgewächse oft so sehr von solchen Schmarotzern zu leiden haben. Es zeigte sich aber, dass wildwachsende Pflanzen oft von denselben Pilzen und ebenso massenhaft befallen werden, ja dass sie sich häufig von ersteren auf Culturgewächse übertragen.

Die Schmarotzerpilze verschonen keine Abtheilung des Pflanzensystems; sie finden sich bei den Cryptogamen, den Monocotyledonen und den Dicotyledonen. Entweder verursachen sie eine bloss locale Affection ihres Nährwirthes und diese wird stets von einer Verkümmerung oder einer Verunstaltung des betreffenden Pflanzentheils begleitet, oder es wird, wenn sie weiter um sich greifen, allmählich die ganze Pflanze getödtet. Sie kommen an der Wurzel, der Rinde, dem Holz- und Markkörper, den Blättern, besonders auf deren Unterseite, und an den Blüthenorganen vor. Die vollständige Schilderung sämmtlicher bis jetzt bekannter Schmarotzerpilze mit dem ganzen Krankheitsverlauf der befallenen Vegetabilien würde einen sehr grossen Raum in Anspruch nehmen; wir beschränken uns daher hauptsächlich auf die für uns wichtigsten, welche die Culturgewächse heimsuchen.

Besonders die Cerealien haben sehr durch Pilzparasiten zu leiden und es kommt häufig vor, dass ein und dieselbe Pflanze gleichzeitig von mehreren ganz verschiedenen Species befallen wird. So kann der Stengel einer Weizenpflanze den Rost, der Fruchtknoten derselben zu gleicher Zeit den Steinbrand und das Mutterkorn zeigen.

Ustilagineae, Russbrandpilze.

Die Verbreitung der Ustilagineen ist eine sehr ausgedehnte; Repräsentanten derselben wurden auf zahlreichen Phanerogamenfamilien, eine Art sogar auf der unter die Tuberaceen gehörigen Balsamina vulgaris schmarotzend aufgefunden. Die am meisten von ihnen heimgesuchten Familien sind die Gramineen, die Cyperaceen, die Polygoneen und die Sileneen.

Die Ustilagineen stellen durchaus endophytische Pilze vor; ihr Mycelium wuchert im Parenchym des Nährwirthes uud ihre meist in Haufen beisammen liegenden Sporen kommen unter der Epidermis der Blattfläche, der Stengel, der Wurzeln, ganz besonders aber der Blüthenorgane zur Entwicklung. Stets bringen sie Missfärbungen, an Blättern und Stengeln längliche, dunkle Streifen, an Fruchtknoten, Antheren etc. manche Formänderungen und Anschwellungen, die z. B. bei Ustilago Maydis oft Faustgrösse erreichen, hervor und ihre Gegenwart ist immer von einer kümmerlichen Ausbildung oder einem gänzlichen Zurückbleiben der betreffenden Theile begleitet.

Bei der Reife wird von vielen Arten die Membran des befallenen Organs gesprengt und die dadurch frei gewordenen Sporen werden als schwarzer Staub weithin vom Winde ausgestreut, bei andern bleiben die Sporen eingeschlossen und erst später bei Zersetzung der erkrankten Gewebe erhalten sie ihre Freiheit. Obgleich der Entwicklungsgang der Ustilagineen ein anderen Pilzfamilien gegenüber sehr einfacher ist, hat es doch lange gedauert, bis alle Momente desselben bekannt wurden, und selbst gegenwärtig sind noch manche Lücken, besonders in Betreff des Eindringens der Keimschläuche ins Innere der Nährpflanzen bei zahlreichen Arten auszufüllen.

Besonders Tulasne's,*) de Bary's,**) Kühn's***) und Hoffmann's †) Untersuchungen haben wir unsere heutigen Kenntnisse von den Ustilagineen zu verdanken und in neuester Zeit hat Fischer v. Waldheim †*) noch vieles Ergänzende hinzugefügt.

---

*) Tulasne, Mémoire sur les Ustilagin. comparées aux Urédin. Annal. des sc. natur. 3. série t. VII. 1847.

Tulasne, Second Mémoire s. l. Uréd. et les Ustil. A. d. sc. n. 4. série. t. II. 1854.

**) de Bary, Unters. über d. Brandpilze. 1853. — Recherches sur le développement de quelques champignons parasites. Annal. des sc. nat. 4. série. t. II. 1863.

***) Kühn, Die Krankh. d. Cultur-Gewächse. Berlin 1858.

†) Hoffmann, Ueber den Flugbrand. Bot. Unters. herausg. v. Karsten. 1866

†*) Dr. A. Fischer v. Waldheim, Jahrbücher f. wissenschaftl. Bot. v. Pringsheim. B. VII. Heft 1 u. 2 Leipz. 1869.

v. Waldheim hat gefunden, dass alle Ustilagineen als vegetative Grundlage ein reich verzweigtes, oft doppelt contourirtes Mycelium besitzen, welches sehr derbwandig und mit wässrigem, vacuolenreichem Inhalt erfüllt ist. Die einzelnen Mycelfäden sind oft von einer sehr dicken, weit verfolgbaren Cellulosescheide umgeben. Das Mycelium lässt sich von der Wurzel an aufwärts im Stengel bis zum Orte der Sporenbildung hin nachweisen, es wächst mit der sich entwickelnden Pflanze durch die ganze Länge derselben in die Höhe.

Kühn hatte angegeben, dass beim Wachsthum des Myceliums der protoplasmatische Inhalt desselben immer an der Spitze sich ansammle, worauf dann durch eine Scheidewand dessen Abgliederung erfolgen und der untere hyaline Theil des Mycels absterben solle; v. Waldheim konnte dagegen, wenigstens zur Zeit der Sporenbildung, stets das Vorhandensein des gesammten Mycels constatiren und zwar vom Orte des Eindringens an bis zu der Stelle, an welcher die Sporen entstehen. Es ist dasselbe besonders bei Dicotyledonen meist äusserst schwierig aufzufinden; bei letzteren treten die Fäden reichlich in der Nähe der sporenbildenden Heerde auf.

Dieses Mycelium nun verläuft entweder zwischen den Zellen des Nährgewebes oder noch häufiger innerhalb der Zellen selbst. Seine Verzweigungen ballen sich oft zu Haftorganen zusammen, welche stets intracellulär auftreten. v. Waldheim hat solche Haustorien, welche von de Bary vorher schon bei Sorisporium Saponariae entdeckt worden waren, bei allen von ihm untersuchten Ustilagineen in grösserer oder geringerer Häufigkeit vorgefunden. Das Mycel kann mit Querwänden versehen sein oder dieselben können fehlen; es mag dies mit seinem jeweiligen Alter zusammenhängen; de Bary hat nachgewiesen, dass es viele Jahre hindurch in den betreffenden Nährpflanzen zu perenniren im Stande ist.

Aus dem beschriebenen Mycelium gehen an entsprechenden Stellen zahlreiche Zweige ab, welche eine zarte, gallertig aufgequollene Membran und feinkörniges, ölhaltiges Protoplasma besitzen.

Es sind dies die sporenbildenden Fäden, welche immer deutlich durch die beschriebenen Eigenschaften vom Mycelium zu unterscheiden sind, auch oft eine viel geringere Dicke be-

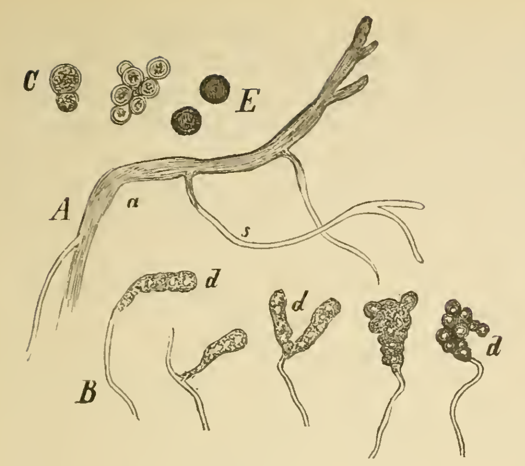


Fig. 17.
Ustilago Maydis Tul. (nach Kühn). A. Mycelium a, von dem die sporenbildenden Fäden s. abgehen, welche an der Spitze B, keulig angeschwollen sind d. Diese Anschwellungen enthalten zahlreiche Oeltröpfchen im Innern; sie trennen und individualisiren sich zuletzt, die Sporen bildend, C. E. reife Sporen.

sitzen, z. B. Fig. 17. Sie treiben entweder seitliche Ausstülpungen, welche gestielt sind und sich später zu Sporen ausbilden oder sie zerfallen selbst in solche, indem sie anschwellen und durch zahlreiche wellenförmige Einbuchtungen sich theilen, s. Fig. 17 B.

Die entstandenen Sporen sind meist in Massen vereinigt und von einer gallertigen Hülle umgeben, welche mit zunehmender Reife vollkommen verschwindet. Je nach der Nährpflanze und dem Orte, an dem die Sporen entstehen, finden im Entwicklungsgang mancherlei Modificationen statt. Bald sind, wie bei den Brandarten, welche die Blüthenorgane befallen, die sporenbildenden Fäden dicht neben einander zusammengedrängt, so dass ihre gallertige Membran ganz undeutlich wird, bald sind sie offenbar von einander isolirt, wie es bei einigen im Blattparenchym wuchernden der Fall ist. Sie treten ferner entweder an die Oberfläche ihres Wirthes oder die ganze Entwicklung verläuft im Innern desselben. Die Sporenballen enthalten dabei immer im Centrum die noch unreifen, auf der Aussenseite dagegen die reifen Sporen.

Letztere selbst erscheinen im Anfang als farblose, rundliche Bläschen, bei der Reife sammelt sich im Innern dichtes Protoplasma mit zahlreichen Oeltröpfchen. Dasselbe wird dann von einer farblosen, homogenen Membran, dem Endosporium, überkleidet, welches wieder von dem meist dunkel gefärbten Exosporium bedeckt ist. Das letztere ist entweder vollkommen glatt und gleichmässig oder es ist mit verschie-

denen netzförmigen und papillösen Verdickungen versehen, welche ihm aber meist nur eingelagert sind und nur selten als wirkliche Hervorragungen auftreten; ausserdem ist es noch mit einer sehr dünnen, von conc. Schwefelsäure nicht angreifbaren Cuticula überzogen. Die Gestalt der reifen Sporen ist rund, länglich oval, bisweilen eckig oder plattgedrückt. Auf dem Exosporium erkennt man meist eine dunkle Linie; es ist die Stelle, an welcher der Keimschlauch, eine Ausstülpung des Endosporiums, hervortritt, wodurch dann ein spaltenförmiger oder dreilappiger Riss gebildet wird.

Die Keimung der verschiedenen Ustilagineensporen ist eine unter einander sehr abweichende, bei vielen kennt man sie noch gar nicht; sie findet bei den einen leicht, bei den andern schwieriger und erst nach längerer Zeit statt, und zu ihrem normalen Verlauf ist stets eine feuchte Atmosphäre und die Gegenwart von Wasser erforderlich. Kühn fand, dass die Brandsporen noch nach zwei Jahren zu keimen im Stande sind.

Der aus dem zerreissenden Episporium sich herausdrängende Keimschlauch ist cylindrisch, mit dichtem Protoplasma erfüllt, meist an der Spitze breiter als an der Basis; er wird mehr oder weniger lang und stellt ein Promycelium vor, an welchem terminal oder lateral eine Anzahl von Sporidien abgeschnürt wird.

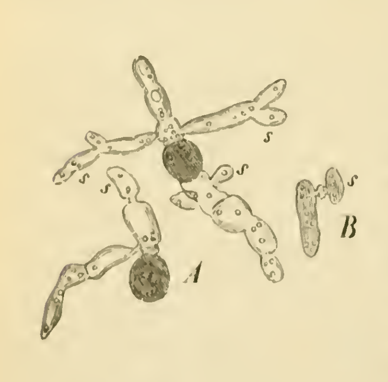


Fig. 18.
Keimung der Sporen von Ustilago antherarum; A. mit mehreren Promycelien, s. Sporidien; B Promycelium in Copulation mit einer Sporidie s. (nach Waldheim).

Manchmal können mehrere Promycelien aus einer Spore heraustreten, s. Fig. 18, A., und dieselben sind bisweilen in der Mitte knieförmig eingeknickt; sie werden oft, gewöhnlich noch vor der Sporidienbildung mit grossen Vacuolen angefüllt und dann durch Scheidewände in 3 bis 4 Zellen abgetheilt.

Die Sporidien entstehen entweder zerstreut am Promycelium oder in wirteliger Stellung; in letzterem Falle wurden

sie von Kühn Kranzkörperchen genannt. Sie sind meist länglich, cylindrisch oder nierenförmig; oft erzeugen sie durch weitere Ausstülpungen secundäre, ja tertiäre Sporidien und sie fallen immer einige Zeit nach ihrer Bildung vom Promycelium ab. Sehr häufig zeigen sie die Erscheinung der Copulation, indem je zwei neben einander liegende vermittelst eines sehr dünnen, geraden oder gekrümmten Fadens nach Art einer Brücke sich H- oder biscuitförmig verbinden.

v. Waldheim sah bei verschiedenen Arten die Sporidien, selten direct das Promelium, ohne dass es Sporidien bildete, einen hyalinen, besonders an der Spitze mit Plasma erfüllten Keimfaden treiben; doch konnte er in keinem Falle, trotz oftmaliger Wiederholung und Anwendung aller Vorsichtsmassregeln, das Eindringen desselben in die Nährpflanzen beobachten. Kühn dagegen ist dieser Versuch gelungen; derselbe liess nämlich Weizenkörner in Erde keimen, welche befeuchtet und dicht mit den Sporen von Tilletia vermengt worden war. Er fand dann später bei näherer Untersuchung besonders in der Gegend des Wurzelknotens der noch ganz jungen Pflänzchen zahlreiche in die Epidermiszellen eingedrungene Keimschläuche. Auch Hoffmann glückte es, dasselbe zu beobachten, aber nur in sehr seltenen, vereinzelten Fällen. Es ist vielleicht möglich, dass die Ustilagineensporen erst in eine ganz andere Nährpflanze eindringen, dort eine neue Fruchtform erzeugen und dass dann erst die Sporen dieser im Stande sind, auf der betreffenden Pflanze Ustilago zu entwickeln. Ein solcher heteröcischer Generationswechsel lässt sich um so mehr vermuthen, als die Ustilagineen den ein solches Vorkommniss zeigenden Uredineen in so vielen Stücken verwandt sind, wodurch sie auch ihre systematische Stellung unmittelbar neben diesen erhalten haben. Doch können über diese Frage erst künftige Untersuchungen endgültige Entscheidung bringen.

Die bekanntesten und gefährlichsten unter den verschiedenen Ustilagineenarten sind besonders Tilletia Caries und Ustilago Carbo. Beide treten als die Ursache verderblicher Epidemien unserer Cerealien auf und sie wurden, nebst der ebenfalls am Getreide vorkommenden, aber viel selteneren und weniger nachtheiligen Urocystis occulta in neuerer Zeit

besonders in den zahlreichen Arbeiten Hallier's oft genannt, indem sie dieser Forscher als Ursache oder wenigstens als Begleiter zahlreicher Infectionskrankheiten beim Menschen aufgefunden oder durch Cultur der betreffenden Krankheitsstoffe erzogen haben will. Sie sollen daher, zumal sie zugleich Repräsentanten der Haupttypen der Ustilagineen sind, in Folgendem eine noch etwas eingehendere Besprechung finden.

Tilletia Caries Tul. erzeugt den Stein- oder Körnerbrand bei den verschiedenen Arten des Weizens, besonders bei Triticum vulgare. Dieser Pilz bringt seine Sporen stets nur im Fruchtknoten zur Entwicklung; an jugendlichen Pflanzen ist er äusserlich sehr schwer zu erkennen, erst wenn die Aehren erscheinen, bemerkt man, dass die Aehrchen eine ganz eigenthümliche blaugrüne Farbe besitzen und dass sie in ihrem Wachsthum bedeutend hinter den normalen zurückbleiben. Auch die Blätter der befallenen Weizenpflanze sind kümmerlicher entwickelt und meist sind alle Aehren eines Stockes brandig, in derselben Aehre aber stets sämmtliche Körner erkrankt.



Fig. 19.

Tilletia Caries. A. sporenbildende Fäden; e. unreife Spore mit Oeltropfen; B. reife Sporen gekeimt. p. Promycelium, s. Kranzkörperchen, welche in C. secundäre Sporidien b. entwickeln, deren eine in c. keimt (nach Kühn B. und C.; A. nach v. Waldheim).

Die Samen sind verdickt und aufgedunsen; an Stelle des Eichens findet man eine weissgraue, breiige Masse, aus dicht verästelten und verfilzten, sporenbildenden Fäden bestehend, welche beim Auseinanderzerren unter dem Mikroskop zahlreiche, birnförmige Bläschen in verschiedenen Entwicklungsstadien zeigen, s. Fig. 19, A.

Diese Bläschen, die künftigen Sporen, runden sich allmählich ab, sie werden von dünnen Zweiglein getragen, Fig. 19,

endlich lösen sie sich von den Fäden und letztere bilden neue Bläschen, von welchen oft zwei über einander entstehen können. Die junge Spore zeigt bei ihrer weiteren Ausbildung doppelte Contouren, die äussere Schichte färbt sich immer dunkler, endlich bildet sie das reife Episporium mit seinen eigenthümlichen, gitterartigen Verdickungen, welche durch das Vorhandensein wasserärmerer und wasserreicherer Stellen in demselben entstehen. Während dieser ganzen Entwicklung der Sporen geht das Innere der Weizenkörner allmählich ins Blauschwarze über; die Sporenmasse ist in diesem Zustande noch weich und schmierig, dabei von sehr eigenthümlichem, höchst unangenehmem, häringsartigem Geruch.

Man nennt diesen Zustand Stink-, Faul-, Schmierbrand oder Kornfäule. Weiterhin aber trocknet die Masse durch Verdunsten aus und die Sporen erscheinen dann als braunschwarzes Pulver, Steinbrand, welches meist innerhalb des Ovariums eingeschlossen bleibt.

Die Keimung der Tilletiasporen, welche ziemlich schwierig im Feuchten erfolgt, ist eine ganz eigenthümlich characteristische; sie wurde von Kühn und Tulasne zuerst beschrieben. Das sich ausdehnende Endosporium sprengt das Exosporium, es tritt hervor, verlängert sich zum Promycelium, dabei oft wurmförmig sich hin- und herbiegend. Seine Spitze ist reich mit Protoplasma erfüllt; der hintere Theil dagegen hyalin und meist zellig getheilt. Tritt dieses Promycelium an die Luft, so entstehen an seiner abgerundeten Spitze Einkerbungen in verschiedener Anzahl, s. Fig. 19 B; diese Kerbungen wachsen, sie werden endlich zu lang cylindrischen, dünnen Sporidien, welche strahlig nach oben divergiren, den Kranzkörperchen Kühn's. Sie fallen leicht ab und oft sind sie durch zarte Fädchen H-förmig mit einander verbunden. Häufig werden von ihnen gestielte secundäre Sporidien abgeschnürt, welche sich ebenfalls isoliren und tertiäre Sporidien bilden können, Fig. 19 C. Oft aber entwickeln sie einen oder mehrere Keimschläuche und es kommt auch vor, dass die Kranzkörperchen, die primären Sporidien, sogleich zu keimen beginnen, wobei das untere Ende des Keimschlauchs abstirbt und nur das obere protoplasmaführende weiter wächst.

Kühn beobachtete, wie diese beschriebenen Bildungen in

freier Luft auf dem Boden der Aecker, begünstigt von Regen, Thau etc., vor sich gehen und er sah auch, wie bereits oben bemerkt wurde, das Eindringen der Keimschläuche in die Wurzelknoten junger Weizenpflänzchen.

Bedenkt man, welch ungeheure Massen von Sporidien bei günstigen atmosphärischen Bedingungen erzeugt und wie sie von den Winden dann weithin verbreitet werden, so begreift man, welche grosse Zerstörungen dieser Schmarotzer hervorzurufen im Stande ist. Und in der That sehen wir auch in manchen Jahren den Steinbrand in ganz besonders hervorragender und verderblicher Weise auftreten.

Ustilago Carbo Tul. findet sich auf verschiedenen Grasarten, von den cultivirten besonders auf Gerste und Hafer; sein Auftreten verursacht den sog. Staub-, Russ-, Flug- oder Nagelbrand, welcher in geringerem Grade verderblich ist als der Steinbrand.

Der Parasit befällt entweder alle Blüthentheile der Aehren und Rispen oder sein Erscheinen beschränkt sich nur auf eine partielle Ansiedelung, sei es auf einzelnen Aehrchen oder auf besonderen Organen derselben. Auch hier zeigt sich eine anfangs üppigere Entwicklung und eine dunklere Färbung der Nährpflanze; bald aber vergilben und verschrumpfen die Blätter und bei der weiteren Ausbildung des Pilzes werden auch die Blüthenhüllen zerstört und die nackten Blüthenorgane sind dann mit einem schwarzen, leicht verfliegenden Pulver, den reifen Sporen, bedeckt. Diese Erscheinung zeigt sich schon sehr bald, oft in Rispen, welche noch von der Blattscheide umschlossen sind. Es ist viel schwieriger als beim Steinbrand hier die ersten Entwicklungszustände aufzufinden.

Es zeigt sich anfangs im Fruchtknoten etc. eine sehr dicht verfilzte, weisse Masse, welche nur schwierig nach dem Eintauchen in Wasser sich auseinanderziehen lässt; sie besteht aus unzähligen, dicht an einander gedrängten sporenbildenden Fäden, Fig. 20. A. Dieselben sind zuerst dünn und zart, später quellen sie ganz bedeutend auf und bilden zahlreiche Verzweigungen. Man findet in diesem Zustande an der Aussenseite der Aehrchen rundliche Gallertanhäufungen, welche in dem Gewebe, dem sie anliegen, kleine Höhlungen verursachen. Die Sporenbildung ist in der Masse

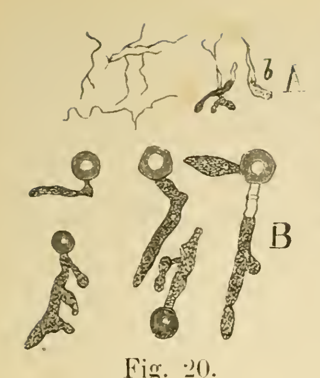


Fig. 20.
Ustilago Carbo; A. sporenbildende Fäden, bei b. angeschwollen (nach Kühn); B verschiedene Keimungszustände der reifen Sporen (nach von Waldheim).

bereits überall dadurch eingetreten, dass die angeschwollenen Fäden in allen ihren Theilen sich rosenkranzförmig eingeschnürt haben. Im Anfang sind die dadurch gebildeten Abtheilungen ganz unregelmässig, dabei werden die Membranen immer mehr gallertig, sie kleben zusammen und ihre Umrisse verschwinden beinahe ganz.

Endlich aber beginnen die Anschwellungen sich zu differenziren, ihr Inhalt nimmt eine mehr rundliche Gestalt an. Die ganze Masse sondert sich hierauf in einzelne Theile, die künftigen Sporen, welche noch durch die Gallerte zusammengehalten werden und durch gegenseitigen Druck oft eckige Umrisse erhalten. Die Gallertmembran verschwindet nun immer mehr und die bisher farblosen Sporenanfänge lassen eine deutliche Contour wahrnehmen.

Ihr Inhalt wird reichlicher und füllt sich mit zahlreichen Oeltropfen; nach aussen wird das braune, dunkle, hier glatte und homogene Episporium ausgeschieden. Dabei dehnen sich die Sporen etwas aus, rücken auseinander, jede Spur der anhängenden Fäden verschwindet und sie treten frei aus den sie umgebenden Hüllen der Blüthentheile als leichtes, schwarzes Pulver hervor. Man trifft an einer Aehre oder Rispe sowohl die bereits fertigen Sporen, als auch noch die oben beschriebenen gallertigen Entwicklungszustände.

Die Sporen sind bedentend kleiner als diejenigen von Tilletia, sie keimen bei Gegenwart von Wärme und Feuchtigkeit ausserordentlich leicht, bei weitem leichter als die des Steinbrandes.

Die Keimung findet in der Weise statt, dass das Endosporium aus einem spaltenförmigen Riss des Exosporiums sich hervordrängt und dann zum Promycelium verlängert, Fig. 20. B. Dasselbe ist mit bläulich schillerndem, undeutlich körnigem Inhalte versehen, welcher bei späterer Entwicklung oft stellenweise verschwindet, wodurch besonders die untere

Hälfte vollkommen hyalin und durch Scheidewände in drei bis vier ungleich lange Zellen getheilt wird, Fig. 20, B.; letzteres findet immer statt, wenn die Keimung ausserhalb des Wassers, in directer Berührung mit der Luft, stattgefunden hat. Das Promycelium zerfällt bisweilen in einzelne Stücke, welche dann weiter wachsen können und oft biegt es sich bei seinem Längenwachsthum bedeutend nach einer Seite hin, so dass es dadurch eine knieförmige Einknickung erhält, Fig. 20 B.

Eigentliche Kranzkörperchen wie bei Tilletia werden nie gebildet, die Sporidien entstehen vielmehr in Gestalt conischer Ausstülpungen und zwar meist drei laterale und eine terminale, welche nach ihrer Abgliederung nur selten secundäre Sporidien ausbilden. Aus einer Spore können manchmal mehrere Promycelien in entgegengesetzter Richtung hervortreten.

v. Waldheim hat gerade mit den Sporen von Ustilago Carbo zahlreiche, mannigfach modificirte Aussaatversuche gemacht, um das Verhalten der Sporidien auf der Oberfläche junger Hafer- oder Gerstenkeimlinge zu beobachten. Es fand aber niemals ein Eindringen derselben ins Innere statt. Hoffmann giebt an, dass es ihm unter Hunderten von Infectionsversuchen nur in einigen wenigen Fällen gelungen sei, brandige Pflanzen zu erhalten. Nach ihm ist der Ort des Eindringens in der Nähe der Wurzelhaube zu suchen. Wenn auch diese Beobachtung richtig sein mag, so scheint es doch, dass die Weiterentwicklung der Sporidien an ganz besondere, noch völlig unbekannte Bedingungen geknüpft ist. Die Lösung dieser Fragen bleibt der Zukunft vorbehalten.

Urocystis occulta Rabh. bewohnt den gemeinen Roggen und den Weizen und zwar ist sein Vorkommen ein im Allgemeinen nur seltenes. Dieser Parasit ist die Ursache des Roggen-Stengelbrandes und er befällt nicht blos die Stengel, sondern auch die Blattscheiden und Fruchtknoten und zwar in der Weise, dass entweder alle diese Organe gleichzeitig oder nur eines derselben erkrankt ist; das Brandigwerden der Halme bewirkt aber immer ein Verkümmern und Abwelken der Aehren.

Zuerst erscheinen weisse Streifen und Flecken, dieselben werden immer dunkler, zuletzt schwarzbraun, worauf die Epi-

dermis des erkrankten Pflanzentheils gesprengt wird und die reifen Sporen als schwarzes Pulver in massigen Anhäufungen frei an die Oberfläche hervortreten. Bisweilen ist die befallene Aehre fast vollständig in dieses Brandpulver aufgelöst. Während nun bei den vorher beschriebenen Ustilagineen-Gattungen Tilletia und Ustilago die Sporen bei ihrer Reife auseinanderrücken und sich schliesslich völlig gegenseitig isoliren, bleiben sie bei Urocystis in dichten Gruppen als Sporenballen vereinigt. Man ist im Stande, auf einer Nährpflanze gleichzeitig alle die verschiedenen Entwicklungszustände des Pilzes zu verfolgen.



Fig. 21.
Urocystis occulta. A. Sporenbildende Fäden; B. reife Sporen keimend (nach Kühn).

Zunächst erkennt man bei der näheren mikroskopischen Untersuchung, dass obige weisse Streifen aus dicht verwirrten und verästelten sporenbildenden Fäden bestehen, welche zahlreiche blasenartige Ausweitungen getrieben haben, Fig. 21, A.

Letztere grenzen sich ab und es erfolgen in ihrem Innern noch zwei bis drei Theilungen. Die dadurch entstandenen Zellen füllen sich mit dichtem Protoplasma, erhalten rundliche oder unregelmässig eckige Gestalt und umgeben sich mit einem dichten, dunkelbraunen Episporium. Die so entstandenen Sporen bleiben fest mit einander im Zusammenhang; eine jede von ihnen ist keimfähig. Später sind sie noch von mehreren, weit kleineren, halbkugligen, anfangs farblosen Zellen umgeben, welche fest an der breiteren Seite mit ihnen verwachsen sind, Fig. 21, B. Diese letzteren Zellen sind nicht im Stande, zu keimen, ihre Membran wird später schwach hellbraun gefärbt, sie sind durchscheinend und besitzen einen klaren, farblosen Inhalt. Die Ansichten über

die Entstehung dieser eigenthümlichen Körperchen sind noch getheilt; Kühn glaubt, dass sie durch seitliche Sprossung aus den dunklen Sporen hervorgehen, und er betrachtet sie als Nebensporen; de Bary nimmt an, dass sie mit den eigentlichen Sporen nichts zu thun haben, dass sie vielmehr aus jungen Hyphen des Pilzes gebildet werden, welche sich aussen an die Spore fest anlegen und dann septiren. Dies wird wohl das Richtigere sein, da bei Sorisporium Saponariae, welches ebenfalls Sporenballen bildet, ein ganz ähnlicher Vorgang stattfindet.

Die Keimung dieser ungleichwerthigen Sporengruppen erfolgt bei Gegenwart von Feuchtigkeit, wobei aber aus einem Knäuel höchstens zwei bis drei verschieden lange Keimschläuche gebildet werden, Fig. 21, B. Die kräftiger entwickelten Promycelien erzeugen in ähnlicher Weise wie bei Tilletia Kranzkörperchen, dieselben sind aber hier weniger zahlreich, sie besitzen ungleiche Länge und Dicke und die H-förmige Querverbindung kommt nur sehr selten vor. Nach der Isolirung von dem collabirenden Promycelium wachsen sie weiter aus, indem sie einen dünnen Keimschlauch und nur selten secundäre Sporidien bilden. Schwächere Promycelien bringen gar keine Kranzkörperchen hervor; dieselben verästeln sich entweder gablich oder es entstehen an ihrer Spitze oder seitlich einige Sporidien.

Im Ganzen ist die Sporidienbildung bei diesem Pilz nicht so häufig wie bei den andern Ustilagineen, und damit mag vielleicht auch sein selteneres Vorkommen im Zusammenhang stehen.

Auch ist es nicht bekannt, wie die Sporidien sich weiter verhalten, wie sie ins Innere der Nährpflanze eindringen und wie dann das neue sporenbildende Mycelium entsteht.

Uredineae, Rostpilze.

Die Uredineen stehen in unmittelbarer Verwandtschaft mit den Ustilagineen; sie theilen manche Eigenthümlichkeiten in den Entwicklungserscheinungen mit diesen, doch sind die

meisten durch einen viel reicheren Generationswechsel ausgezeichnet. Diese Familie besitzt eine ganz ausserordentliche Verbreitung und sie bietet die besten und auffallendsten Beispiele für den Polymorphismus der Pilze dar. Entscheidende Untersuchungen darüber wurden besonders von Tulasne*) und de Bary**) ausgeführt.

Sie fanden, dass eine grosse Anzahl dieser Pilze, welche früher für selbstständig gehalten und getrennt als besondere Arten beschrieben worden waren, in einen einzigen Entwicklungskreis zusammengehören und dass diese verschiedenen Formen entweder sämmtlich auf einem Wirthe successive sich ausbilden oder dass nur wenige darauf zum Vorschein kommen, während die übrigen merkwürdigerweise eine der ersten gänzlich fernstehende Nährpflanze für ihr Gedeihen nöthig haben. Das letztere findet bei den die Gräser und Cyperaceen bewohnenden Rostarten statt.

Die Uredineen bilden eine vollständig endophytische Familie, ihr Mycelium kommt im Innern der befallenen Pflanzentheile zur Entwicklung, ebenso ihre Sporen, welche dann erst bei beginnender Reife durch ihre Ausdehnung die Epidermis sprengen. Es zeigen sich anfangs helle, gelbliche Flecken und Streifen an Stengeln und Blättern, besonders auf der Unterseite der letzteren, welche immer mehr sich braun färben und bei der Reife als dunkles oder orangefarbenes Staubhäufchen den Inhalt frei an die Oberfläche treten lassen.

Die erste Entwicklung, mit welcher der Formencyclus der Rostpilze beginnt, besteht in der Ausbildung der Uredosporen, Fig. 22. Man findet bei näherer Untersuchung in dem die befallene Stelle umgebenden Zellgewebe ein dichtes, aus

---

*) Tulasne, Mémoire sur les Uréd. et l. Ustilag. An. d. sc. nat. 3. série t. VII. 1847.

Tulasne, Second Mémoire s. l. Uréd. et l. Ustil. A. d. sc. nat. 4. série. t. II. 1854.

**) de Bary, Recherches sur le developpement de quelques Champignons parasites. Annales des sciences naturelles 4. sér. t. II. 1863.

de Bary, Unters. über Uredineen. Monatsber. d. kgl. Academie d. Wissensch. z. Berlin 1864. 1865. 1866.

de Bary, Annalen d. Landwirthsch. i. d. preuss. Staaten. 23. Jahrg. II. III. 1865. S. 148.

zahlreichen Hyphen bestehendes Myceliumgeflecht, welches sich bald zu einem flachen, polsterförmigen Stroma verfilzt, wobei die unmittelbar unter der Epidermis liegenden Enden der Fäden keulenförmig anschwellen und so eine gedrängt aneinanderliegende Reihe von Basidien darstellen. An der Spitze dieser Basidien werden als ovale, rasch sich vergrössernde Ausstülpungen die einzelligen, eiförmigen oder rundlichen Uredosporen abgeschnürt, Fig. 22; durch den Druck des immer



Fig. 22.
Uredo-Rasen von Puccinia Helianthi (nach Woronin). m. Mycelium, u Uredosporen.

mehr sich ausdehnenden Parasiten wird zugleich die Oberhaut zerrissen und die leicht abfallenden Sporen werden dann vom Winde auf weite Strecken fortgeführt. Nur selten, wie bei dem unsere gemeine Kiefer bewohnenden Caeoma pinitorquum, entsteht auf einer Basidie eine Reihe von oft 20 rosenkranzförmig an einander geordneten Sporen, welche anfangs in eine farblose Gallerte eingebettet sind und durch gegenseitigen Druck eine etwas eckige Gestalt erhalten. Dr. Magnus hält übrigens diese Form von Caeoma nicht für ein Uredo, sondern für ein Aecidium. (Die Beschreibung der Aecidiumbildung folgt unten.)

Die Uredosporen sind meist mit körnig orangefarbenem Protoplasma angefüllt und ihre bisweilen mit Verdickungen versehene Membran besitzt Keimporen. Bei Gegenwart von Feuchtigkeit und dem nöthigen Grad von Wärme keimen sie äusserst leicht, sie treiben zarte Schläuche, welche sich verästeln und nach oben verdünnt zulaufen. Gelangen die Sporen auf ihre Nährpflanzen, so dringen diese Keimschläuche durch die Spaltöffnungen ins Innere, Fig. 23, sie bilden ein neues Mycelium und nach einigen Tagen entsteht wieder ein

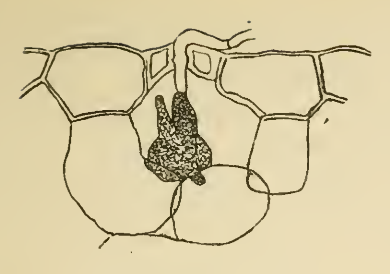


Fig. 23.

Puccinia Compositarum; durch die Spaltöffnung in die darunter befindliche Athemhöhle eingedrungener und daselbst weiter wachsender Keimschlauch. (nach de Bary.)

Stroma, auf welchem Uredosporen abgeschnürt werden. Die nämliche Bildung wiederholt sich den ganzen Sommer hindurch; durch die Form des Uredo wird der Pilz daher ungeheuer weit ausgebreitet und vermehrt, zumal wenn auch die klimatischen Verhältnisse seiner Entwicklung günstig sind.

Beim Herannahen des Herbstes findet auf demselben oder auf einem besonderen Mycelium die Bildung einer zweiten

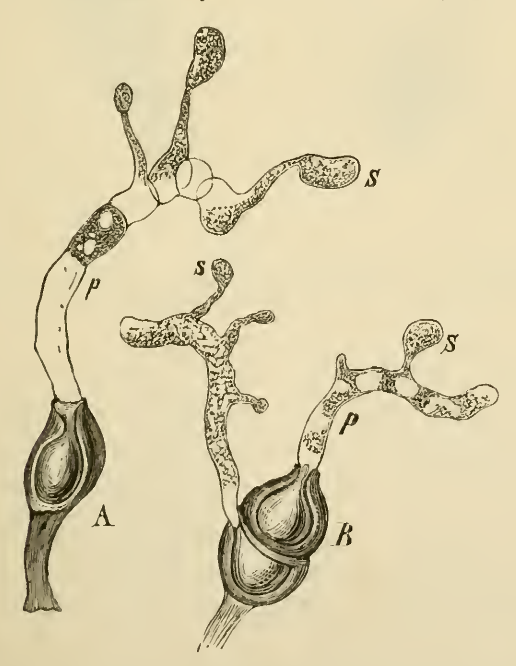


Fig. 24.

A. Uromyces appendiculatus; B. Puccinia Moliniae; beide mit Promycelien p und Sporidien s. (nach Tulasne.)

Sporenform, der Teleutosporen, statt. Auch hier werden an der Spitze fadenförmiger, vom Mycelium auslaufender Sterigmen Ausstülpungen abgeschnürt, welche sich vergrössern, blasenartig anschwellen und endlich eine längliche Gestalt annehmen. Ihre Farbe wird dunkler, sie umgeben sich mit einem sehr derbwandigen Episporium und bleiben entweder einzellig, wie bei Uromyces Fig. 24 A. oder sie werden durch Scheidewände in zwei Zellen getheilt, wie bei Puccinia Fig. 24 B. oder in drei, wie bei Triphragmium Fig. 25 A. oder

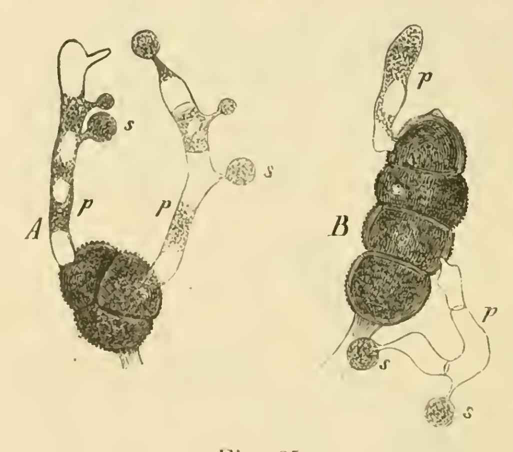


Fig. 25.
A. Triphragmium Ulmariae; B. Phragmidium bulbosum Schm. u Kze.; beide Promycelien p und daran Sporidien s entwickelnd. (nach Tulasne.)

endlich, sie zerfallen in 4—8 Abtheilungen, wie dies bei der Gattung Phragmidium Fig. 25 B. der Fall ist. Bei der Reife bleiben diese Teleutosporen fest mit ihren Stielen verbunden, sie fallen meist nicht ab, sondern stehen in braunen oder schwarzen Häufchen mit einander vereinigt auf ihrer Nährpflanze.

Die Teleutosporen haben den Zweck, die Art den Winter hindurch zu erhalten; sie bilden also Dauersporen, welche erst eine Zeit lang ruhen müssen, bevor sie im Stande sind zu keimen.

Diese Keimung erfolgt mit Beginn des Frühjahrs. Aus ihren, in der dicken Aussenhaut befindlichen Keimporen dringt ein meist gekrümmter, dicker, reich mit körnigem Proto-

plasma erfüllter Schlauch heraus, dessen Längenwachsthum still steht, nachdem er etwa die dreimalige Grösse der Spore erreicht hat. Dieser Keimschlauch ist ein Promycelium, welches nur selten, wie bei Coleosporium, einfach und ungetheilt bleibt, sondern gewöhnlich Querwände erhält, wodurch es meist in vier Zellen zerfällt wird.

Jede von diesen Zellen, mit Ausnahme der gewöhnlich längeren untersten treibt ein kurzes, cylindrisches Sterigma, an dessen Spitze eine rundliche oder nierenförmige Sporidie abgeschnürt wird, Fig. 24 u. 25.

Nach Bildung von meist drei bis vier Sporidien stirbt das Promycelium sehr bald ab, während erstere vom Winde verweht werden und so auf die für ihre Weiterentwicklung geeignete Nährpflanze gelangen. Hier treiben sie kurze, pfriemenförmige Keimschläuche, welche unmittelbar die Wand der Epidermiszellen durchbohren, worauf der ins Innere gelangte Theil sofort bedeutend anschwillt, indem das gesammte Protoplasma der Sporidie in denselben überfliesst. Bald entsteht dann ein im Parenchym des Wirthes sich verbreitendes Mycelium und nach Verlauf von acht bis zehn Tagen bemerkt man die neuen unter der Epidermis zum Vorschein kommenden Fructificationsorgane.

Zunächst sammeln sich unter der Oberfläche der kranken Organe die einzelnen Fäden des Mycels in dichter Masse und an einzelnen Stellen gruppiren sie sich in der Weise, dass hohle, allseitig geschlossene Behälter von rundlicher, krugförmiger Gestalt entstehen.

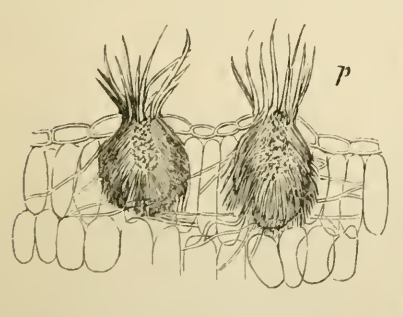


Fig. 26.
Puccinia Helianthi; Spermogonien. p. Paraphysenfäden (nach Woronin).

Es sind dies die den Perithecien ähnlichen Spermogonien, auf deren Innenwand eine aus dünnen, pfriemenförmigen Fädchen bestehende Hymenialschichte sich ausbildet, an welcher eine grosse Menge zarter, farbloser Spermatien abgeschnürt werden, Fig. 26. Nach oben besitzt das Spermogonium einen

kurzen Hals, welcher schliesslich die Epidermis durchbricht und sich öffnet; es werden dann die Spermatien, mit Gallerte gemengt, entleert, während dabei oft die langen, feinen Paraphysenfäden zur Mündung herausragen, s. Fig. 26, p.

Bei Triphragmium Ulmariae und bei Phragmidium stehen, wie Magnus vor Kurzem gefunden hat, die Spermatien abschnürenden Sterigmata unmittelbar, eine flache Schichte bildend, frei unter der durch sie wulstig emporgehobenen Cuticula der befallenen Pflanzentheile. Es fehlt also hier das Gehäuse vollständig; ein Fall, welchen de Bary schon früher in ähnlicher Weise bei Aecidium elatinum und Aecidium leucospermum beobachtete, nur mit dem Unterschiede, dass hier auch Paraphysen mit gebildet werden, deren äusserste sich gegen die mittleren umbiegen, so dass also dadurch eine Art von Mündung entsteht.

Die eigentliche Bedeutung der beschriebenen auch bei anderen Pilzfamilien, den Tremellinen und Ascomyceten, sowie bei den Flechten aufgefundenen Spermogonien und Spermatien ist noch in völliges Dunkel gehüllt. Letztere sind noch niemals zum Keimen gebracht worden; auch ist die Behauptung einzelner Forscher, dass sie männliche Organe, Spermatozoïden, seien, noch bei keiner Art nachgewiesen worden. Diese Organe bilden aber bei den Uredineen stets die Vorläufer der am vollkommensten organisirten Fruchtform, der Aecidien, und es ist immerhin möglich, dass sie zu dieser in irgend einer geschlechtlichen Beziehung stehen, zumal bei den Rostpilzen noch keine Art von Befruchtung aufgefunden werden konnte.

Die Spermogonien stehen entweder vereinzelt oder sie sind umgeben oder vermischt mit einer Anzahl der nun zu beschreibenden Aecidienbecher.

Die Entstehung dieser den Formenkreis der Uredineen beschliessenden Organe findet in der Weise statt, dass sich einige Zellenlagen unter der Epidermis des Wirthes ein aus dicht verflochtenen Mycelfäden bestehender rundlicher Körper bildet. Die anfangs kleinen Zellen desselben nehmen rasch an Umfang zu, sie drücken das umgebende Gewebe der Nährpflanze zur Seite und stellen bald eine aus pseudoparenchymatischen Zellen bestehende Merenchymmasse vor, welche

allseitig von einer Schichte der gewöhnlichen cylindrischen Mycelfäden umgeben ist. Am Grunde dieses Körpers kommt nun die Hymenialschichte zum Vorschein, zusammengesetzt aus einer Lage länglicher, nach oben keulenförmig angeschwollener Zellen, der Basidien, von welchen jedes eine Reihe durch gegenseitigen Druck meist eckige Form annehmender Sporen abschnürt, Fig. 27. Während so das Innere des jugendlichen Aecidiumbechers mit den Sporen angefüllt und dessen Merenchymgewebe auf einen immer kleineren Raum zusammengepresst wird, entsteht rings um die Peripherie eine Hülle, welche aus den abortirenden Sporenzellen der äussersten Reihen gebildet wird. Auch diese besitzen eine polyëdrische Gestalt, doch ist ihre Grösse weit bedeutender als die der Sporen, ihr farbloser Inhalt verschwindet meist später und ihre Membran ist sehr stark verdickt und zeigt einen äusserst zierlichen, aus lauter parallel geordneten Leistchen zusammengesetzten Bau Fig. 27 p.

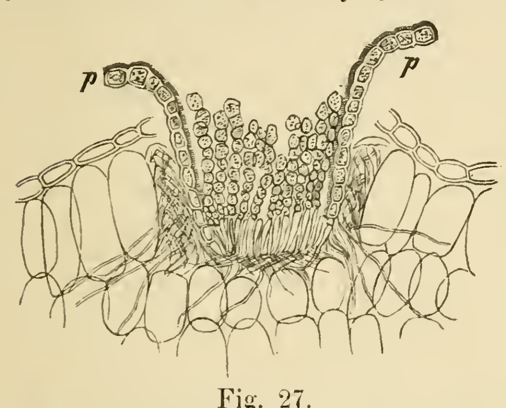


Fig. 27.
Puccinia Helianthi; Aecidienform. p. Peridienzellen (nach Woronin).

Die Peridie dehnt sich mit den im Innern befindlichen Sporenketten immer mehr aus, die Epidermis der Nährpflanze zerreisst endlich und der Scheitel der Hülle wird durch Risse oder seitliche Schlitze oder regelmässig gitterartig durchbrochen, worauf dann die obersten Zellen allmählich vollständig auseinander treten.

Das Aecidium erhält so eine becherartige Gestalt und die Sporenketten fallen heraus, Fig. 27. Die Sporen sind sogleich keimfähig; ihr Inhalt ist meist durch Oeltropfen orangeroth gefärbt. Sie entwickeln auf ihrer Nährpflanze unregelmässig gekrümmte, häufig verästelte Keimschläuche,

welche durch die Spaltöffnungen eintreten, worauf dann nach Ausbildung des Myceliums wieder die erste der beschriebenen Fructificationsformen, das Uredo, hervorgeht.

Die Uredineen besitzen also fünf verschiedene Organe, welche ihre Fortpflanzung vermitteln; doch nur bei den wenigsten ist der Entwicklungsgang ein so regelmässiger, wie er eben beschrieben wurde. Die gesetzmässige Reihenfolge findet bei einzelnen Arten der Gattungen Uromyces und Puccinia statt; bei allen übrigen treten sehr mannigfache Modificationen auf. So kann bald das Uredo vollständig fehlen, bald können bei bestimmten Arten die Teleutosporen ohne Ueberwinterung gleich direct ein Promycelium und Sporidien ausbilden. Bei der Gattung Endophyllum kennt man nur Aecidien und Spermogonien; die Sporen der ersteren bringen ein sporidienabschnürendes Promycelium hervor und aus den keimenden Sporidien entwickeln sich wieder nur diese beiden Formgenera. Ausserdem existiren noch viele isolirte Uredo-, Teleutosporen- und Aecidiumformen, von denen es sehr wahrscheinlich ist, dass sie später auf verschiedene Weise mit einander vereinigt werden.

Der Schaden, den die Rostpilze durch ihren Parasitismus anrichten, ist bei weitem nicht so bedeutend wie bei den Brandpilzen, sie bewirken meist eine kümmerliche Entwicklung der Nährorgane, nur selten verursachen sie Anschwellungen und Formänderungen, wie z. B. bei den von Uromyces scutellatus und Endophyllum Euphorbiae befallenen Wolfsmilcharten, deren Habitus dadurch vollständig verändert wird. In neuerer Zeit sind am Mycelium einiger Rostarten lappige oder traubenartige Haustorien nachgewiesen worden, wie von Kühn beim Roste der Runkelrübenblätter, Uromyces Betae und von Woronin bei dem auf der Sonnenblume wuchernden Puccinia Helianthi.

Den ersten Nachweis der Zusammengehörigkeit von Uredo und Aecidium lieferte de Bary an dem auf Bohnen- und Erbsenpflanzen sich ansiedelnden Uromyces appendiculatus. Dasselbe hat ganz den oben im Allgemeinen beschriebenen Entwicklungsgang. Die Teleutosporen sind einzellig und sehr derbwandig, Fig. 24 A, ihre im Frühjahr sich bildenden Sporidien, welche nach Kühn oft noch secundäre entwickeln, erzeugen

Aecidien und Spermogonien, diese dann eine Zeit lang rundliche Uredosporen, im Herbst entstehen aus letzteren wieder Teleutosporen und die Ausbildung der sämmtlichen Fruchtformen erfolgt hier auf ein und demselben Nährwirthe, während die Sporen, sobald sie auf andere Pflanzenarten ausgesät werden, sehr bald vollständig zu Grunde gehen.

Anders verhält es sich mit den auf unsern Getreidearten vorkommenden drei Rostarten, deren Teleutosporen immer zweifächerig sind. Hier sind zur Entstehung der Aecidien und Spermogonien immer ganz andere Genera von Nährpflanzen erforderlich, so dass es möglich ist, durch Fernhalten dieser Gewächse von den Feldern die Ausbreitung der Parasiten einzuschränken.

Der dem Getreide am meisten schädliche Rostpilz ist die Puccinia graminis, der Streifenrost.

de Bary wurde durch den allverbreiteten Glauben der Landleute, dass die Berberitze dem Getreide nachtheilig sei, veranlasst, über die Zusammengehörigkeit des auf Berberis vulgaris schmarotzenden Aecidiums mit der Puccinia graminis Versuche anzustellen und es sind ihm dieselben durch directe Beobachtung der Keimungen vollständig gelungen.

Fig. 28.
Puccinia graminis; A. keimende Uredospore, 14 Stunden nach der Aussaat; B. Blattunterseite von Berberis vulgaris; s Sporidie mit eingedrungenem Keimschlauch. (nach de Bary.)

Er fand, dass die Teleutosporen dieser Uredinee nur auf der Berberitze zur Entwicklung gelangen und dass deren die Epidermis dieser Pflanze durchbohrenden Sporidien auf der Oberseite der Blätter die Spermogonien, auf deren Unterseite die Aecidien hervorbringen, Fig. 28, B. Die eine Hälfte der für diesen Nachweis angewendeten Versuchspflanzen, von welchen zur Controle die Teleutosporen gänzlich ferngehalten wurden, blieb bei solchen Experimenten immer vollständig gesund. de Bary zeigte ferner, dass die Aecidiumsporen auf der Berberitze zu Grunde gehen, dass dagegen ihre Keimschläuche durch die Spaltöffnungen eindrangen, als er sie auf die Blätter von jungen Roggenpflanzen aussäte; es bildeten sich dann nach kurzer Zeit rothgelbe Uredopusteln. Die reifen Uredosporen keimen äusserst leicht auf der Blattfläche von Gräsern; ihre eindringenden Keimschläuche verzweigen sich reichlich, Fig. 28 A, um neues Uredo hervorzubringen und diese Bildung hält den ganzen Sommer hindurch an, um endlich im Herbste in die Form der überwinternden Sporen, der Teleutosporen, überzugehen und so den Formencyclus zu beschliessen.

Eine fast ebenso grosse Verbreitung auf unseren Cerealien wie der Streifenrost besitzt der Fleckenrost, Puccinia straminis. Er bildet flache, nicht schwielige Häufchen, welche nicht in einander fliessen und mit der Epidermis bedeckt bleiben. Das Mycelium dieses Pilzes überwintert in der Nährpflanze und ist im Stande, gleich mit Beginn des Frühjahrs die ziegelrothen Uredosporen zu erzeugen. Letztere besitzen sechs bis acht Keimporen und sie vermehren sich während des Sommers hindurch, bis im Herbste die Teleutosporen entstehen, welche mit sehr kurzen Stielen versehen sind. Deren Keimung erfolgt in regelmässiger Weise; die Sporidienkeimschläuche sind aber nicht im Stande, in die Blätter von Gramineen einzudringen, sie müssen vielmehr auf diejenigen von verschiedenen Boragineen (Lycopsis, Anchusa, Echium etc.) gelangen, um Spermogonien und Aecidien erzeugen zu können. Auf diesen entsteht dann das früher für selbstständig gehaltene Aecidium Asperifolii, dessen Sporen umgekehrt auf Boragineen zu Grunde gehen, dagegen auf Roggenblättern wieder Uredo ausbilden.

Die am seltensten vorkommende Uredinee unserer Ge-

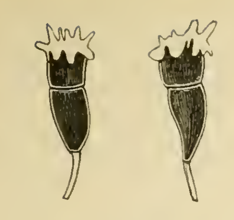


Fig. 29.
Teleutosporen von Puccinia coronata.

treidepflanzen ist der auf dem Hafer sich ansiedelnde Kronenrost, Puccinia coronata, Fig. 29.

Die zweizelligen Teleutosporen desselben besitzen an ihrem Scheitel eigenthümliche zahn- oder kronenförmige Fortsätze. Die Sporidien sind von gelbrother Farbe; sie dringen in die Blätter von Rhamnus Frangula und cathartica, um ihr Aecidium zu erzeugen.

Auch unsere Coniferen werden von sehr zahlreichen Rostpilzformen bewohnt und hier sind es besonders die Arten der Gattung Gymnosporangium, deren merkwürdiger Generationswechsel durch die Untersuchungen von Oersted*) bekannt geworden ist. Auch hier zeigt es sich wieder, dass ein Pilz im Stande ist, auf zwei vollständig verschiedenen Pflanzen ganz von einander abweichende Formen anzunehmen.

Die Gymnosporangien, welchen die Form des Uredo vollständig fehlt, erscheinen im Frühling an den Zweigen und Blättern unserer verschiedenen Juniperusarten als auffallende kuglige oder kegelförmige, bisweilen verzweigte, hellgelb oder braun gefärbte Gallertmassen, welche besonders bei feuchtem Wetter sehr bedeutend aufquellen und wegen dieser Eigenschaften früher von einigen unter die Tremellinen gerechnet wurden. Man trennte sie früher in zwei Abtheilungen, Podisoma und Gymnosporangium, welche aber in neuester Zeit von Reess**) wieder vereinigt worden sind.

Diese Gallertmassen nun bestehen aus zahlreichen, durcheinander gedrängten, äusserst quellbaren Basidien, welche von einem reichverzweigten, septirten Mycelium entspringen und an ihrer Spitze je eine zweizellige Teleutospore abschnüren, welche denjenigen der Puccinien vollkommen ähnlich ist. Jede Zelle einer solchen Spore besitzt zwei bis vier trichterförmige Tüpfel, aus welchen bei hinreichender Feuchtigkeit das Pro-

---

*) Oersted, A. S., Kon. dansk. Vid. Selsk. Skr. V. R. VII. Bd. 1865; Bot. Zeitung 1865 p. 291; Nouvelles observations sur un champignon parasite etc. (Bull. Acad. royale á Copenhague) 1866. Bot. Ztg. 1867. S. 222.

**) Reess, M.; Die Rostpilzformen der deutschen Coniferen. Halle 1869.

mycelium hervortritt, auf dessen Sterigmen zwei bis drei nierenförmige Sporidien abgeschnürt werden. Mit diesen Sporidien hat Oersted Keimungsversuche angestellt, wodurch sich zeigte, dass sie in die Blätter unserer verschiedenen Pomaceen eindringen, sich dort zu Mycelien entwickeln, worauf sie sich bald als gelbe oder gelbrothe Flecken bemerkbar machen. Sie rühren von den neugebildeten Aecidien und Spermogonien her; letztere entstehen auf der Oberseite der Blätter; nach Entleerung ihrer Spermatien schrumpfen sie ein und ihnen gegenüber durchbrechen nun die Aecidien die Epidermis. Dieselben besitzen die Gestalt einer langhalsigen Flasche, sie öffnen sich auf verschiedene Weise und ihre Entwicklung ist durchaus analog derjenigen der gewöhnlichen Aecidiumformen. Die Sporen aber theilen sich hier vor der Reife in zwei Zellen, deren eine klein bleibt und später verschwindet; sie fungirt blos als Zwischenzelle, während die andere zur wirklichen Spore sich ausbildet. Alle diese Aecidienformen wurden früher unter dem Gattungsnamen Roestelia zusammengefasst. Man kennt bis jetzt drei Arten von Gymnosporangium, deren eine besonders Juniperus Sabina, die beiden andern Juniperus communis bewohnen; die Roestelien derselben kommen auf Pyrus communis, Pyrus Malus und Sorbus Aucuparia zur Entwicklung.

Der verderblichste Coniferen bewohnende Rostpilz ist aber derjenige, welcher an Pinus Abies Duroi, der Weisstanne, die sogenannten Hexenbesen verursacht. Diese auch unter dem Namen Rindenkrebs bekannte Krankheit gibt sich durch eigenthümliche, ringförmige Anschwellungen der Stämme zu erkennen, wobei die Rinde zahlreiche Risse bekommt, die Holzbildung vollständig ins Stocken geräth oder manchmal ganz aufhört und eine ganz besonders reichliche Wucherung des Parenchyms veranlasst wird. Durch diese abnormen Gewebewucherungen wird der ganze Stamm verunstaltet und sehr leicht vom Winde abgebrochen. Auch auf den ganz jungen Trieben kommen diese Anschwellungen hervor, wodurch dieselben ein ganz auffallendes Ansehn erhalten.

Untersucht man die kranken Gewebetheile, so findet man besonders im Rindenparenchym und im Cambium zwischen den Zellen ein reich verzweigtes Mycelium, welches

auch in das Innere der Zellen keulenförmige oder verzweigte Haustorien treten lässt.

Dieses Mycelium rührt von einem Rostpilze, dem Aecidium elatinum, her, welches seine Fructificationsorgane nie auf den Zweigen oder der Rinde der Weisstanne entwickelt, sondern stets nur auf den jungen Nadeln derselben. Das Mycelium, welches im Stamme perennirt, wächst alljährlich in die jungen Triebe hinein und auf deren Nadeln kommen dann an der oberen Fläche die Spermogonien, an der unteren die Aecidienbecher zum Vorschein; letztere werden ziemlich tief im Gewebe angelegt, sie durchbrechen die Epidermis als kurze Röhrchen und ihre Entstehung ist derjenigen anderer Aecidien ganz analog. Die Keimung der Sporen erfolgt gleich nach der Reife, aber die Keimschläuche sind nicht im Stande, weder durch die Epidermiswände, noch durch die Spaltöffnungen der Nadeln einzudringen. Ihre Entwicklung muss demnach auf einer noch unbekannten Pflanze erfolgen, wo sich dann wahrscheinlich die fehlenden Uredo- und Teleutosporenformen bilden werden.

Dieser Pilz bietet also das Beispiel eines isolirt dastehenden Aecidiums und solcher kennt man auf Coniferen noch sechs andere, zu welchen allen noch die Teleutosporen aufzusuchen sind; darüber müssen jedoch erst weitere Keimungsversuche Entscheidung bringen.

Peronosporei.

Diese innerhalb der Gewebstheile lebender Phanerogamen schmarotzende Familie besteht aus zwei Gattungen, Cystopus und Peronospora*), welche sich in ihrer ganzen Entwicklungsweise unmittelbar den Saprolegnieen anschliessen. Ihr einzelliges Mycelium verzweigt sich innerhalb des Nährparenchyms, wobei es in die Zellen hinein verschieden gestaltete Haustorien sendet, Fig. 30, h.

*) In den Annal. des scienc. natur, V. Sér. T. XI. Pl. 4. wurde unter dem Namen Basidiophora von Rize und Cornu eine dritte Gattung aufgestellt, deren Selbstständigkeit aber noch weiterer Bestätigung bedarf.

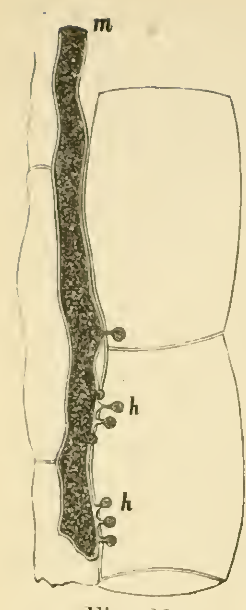


Fig. 30.
Cystopus candidus; Mycelium, zwischen den Markzellen von Lepidium sativum; h. Haustorien desselben. (nach de Bary.)

Bei Peronospora treten aus den Spaltöffnungen die Fruchtträger hervor, sie verzweigen sich baumartig und bilden vereinzelt stehende Conidien; bei Cystopus entsteht unter der Epidermis eine aus keulig angeschwollenen Mycelästen bestehende Hymenialschichte und an der Spitze dieser Basidien wird eine Reihe von Conidien gebildet; die am Ende stehende zeigt meist eine dunkle Farbe und ist weit grösser, während die übrigen Conidien farblos sind und durch kleine Zwischenzellen mit einander in Verbindung stehen. Diese farblosen Conidien entwickeln bei Cystopus sämmtlich Zoosporen; dies ist auch bei einigen Gattungen von Peronospora der Fall, deren grössere Anzahl jedoch meist ganz unmittelbar durch die Epidermis der Oberhautzellen dringende Keimschläuche bildet.

Bei Peronospora densa und macrocarpa entleert sich der gesammte Protoplasmainhalt der Conidien durch die im Scheitel derselben befindliche Papille; er umgiebt sich dann, als kuglige Masse vor der leeren Haut liegend, mit einer Membran und treibt hierauf erst einen Keimschlauch, Fig. 31, a—d.

Ausser diesen auf ungeschlechtlichem Wege entstandenen Fructificationsorganen besitzen die Peronosporeen auch noch derbwandige Oosporen, welche durch Befruchtung am Mycelium entstehen und zur Ueberwinterung bestimmt sind. Abgesehen von einigen Abänderungen ist die Bildung dieser Oosporen bei den verschiedenen Arten eine mit einander übereinstimmende; sie wird unten an einem speciellen Beispiel näher erläutert werden. Die reifen Oosporen besitzen ein rauhes, dunkel gefärbtes, unregelmässig höckeriges, mit Warzen, Runzeln oder Leisten versehenes Episporium und ein derbes, geschichtetes Endosporium. Die weitere Ent-

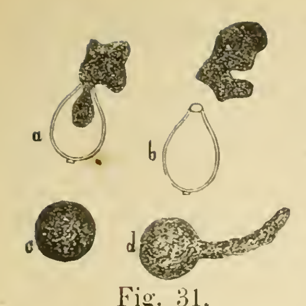


Fig. 31.
Peronospora densa; a. und b. Ausschlüpfen des Protoplasmas der Conidie; c. Abrundung desselben, wobei es sich mit einer zarten Membran umgiebt; d. Entwicklung des Keimschlauches. (nach de Bary.)

wicklung dieser Sporen ist nur in wenigen Fällen beobachtet worden; entweder zerfällt ihr Inhalt in Zoosporen oder bei Peronospora Valerianellae wird das Exosporium gesprengt und es tritt ein sich reich verzweigender Keimschlauch heraus, dessen Eindringen in die Nährpflanze übrigens nicht beobachtet werden konnte.

Auf zahlreichen Cruciferen, besonders auf dem gemeinen Capsella Bursa pastoris, beobachtet man häufig monströse Anschwellungen, welche sich über die Blätter, die Stengel und Blüthenorgane verbreiten und auffallende Verkümmerungen derselben veranlassen. Neben diesen krankhaften Degenerationen erkennt man zugleich einen schneeweissen Ueberzug, mit welchem die leidenden Theile der Pflanzen bedeckt sind. Diese ganze Erscheinung wird mit dem Namen des sog. weissen Rostes bezeichnet und die Ursache desselben ist ein parasitischer Pilz, Cystopus candidus, dessen vollständige Entwicklungsgeschichte zu verfolgen de Bary*) gelungen ist. Man findet das sehr ästige, mit farblosem Protoplasma erfüllte Mycelium desselben innerhalb der Intercellularräume der Nährpflanze verlaufen, wobei es das Parenchym vermittelst Saugwarzen durchbohrt, welche innerhalb der Zellen kuglig anschwellen, Fig. 30, h. Unterhalb der Epidermis bildet dieses Mycelium zahlreiche keulenförmige Ausstülpungen, die Basidien, welche successive an ihrer Spitze eine Reihe farbloser, sämmtlich gleichgrosser und durch dünne Stielchen mit einander verbundener Conidien dadurch bilden, dass der obere Theil des Basidiums durch eine horizontale Querwand als Spore sich abgrenzt. Darauf zerfällt diese Wand in zwei Lamellen, welche sich gegeneinander halbkuglig emporwölben, wodurch dann die Conidie schliesslich abgegliedert wird, während das Basidium sich

*) de Bary, Recherches sur le développement de quelques champ. par. Annal. d. sc. nat. 4. série t. II. 1863.

etwas verlängert und denselben Process wiederholt, Fig. 32, A.

Sämmtliche Conidien sind mit einer dünnen, gemeinsamen Membran überzogen, wodurch sie zusammengehalten werden und jede neu entstehende schiebt die schon fertigen vor sich her, so dass durch deren Druck zuletzt die Epidermis durchbrochen wird, worauf sie sich von einander trennen und in Berührung mit hinreichender Feuchtigkeit Zoosporen ausbilden, Fig. 32, B.

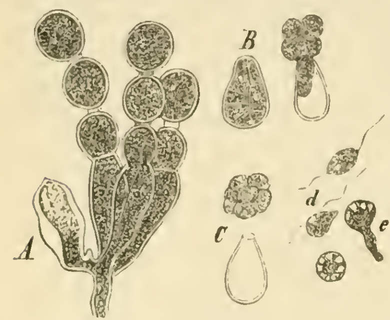


Fig. 32.
Cystopus candidus; A. conidientragender Zweig des Myceliums; B. Schwärmsporenbildung; C. Zoosporen ausgeschlüpft, bei d schwärmend, bei e keimend. (nach de Bary.)

Das eine Ende der Conidie dehnt sich nämlich flaschenförmig aus, es entstehen im Innern Vacuolen, welche nach kurzer Zeit wieder verschwinden, endlich tritt eine deutliche Sonderung des Protoplasmas in fünf bis acht Parthieen ein, worauf an der Papille eine Oeffnung erscheint und die gebildeten Zoosporen eine nach der andern langsam herausschlüpfen. Anfangs bleiben sie als unbeweglicher Klumpen vereinigt vor der Mündung liegen, Fig. 32, C., bald aber strecken sie ihre Cilien aus, der Ballen beginnt zu oscilliren, endlich trennen sich die einzelnen Zoosporen von einander und schwärmen selbstständig umher Fig. 32, d. Dieselben sind linsenförmig, sie besitzen eine seitliche Vacuole, welche bei der Bewegung immer vorausgeht und an deren Rand sich zwei lebhaft schwingende Cilien befinden.

Nach Verlauf von zwei bis drei Stunden stellen sie ihre Bewegung ein, die Cilien verschwinden, sie werden kuglig, Fig. 32, e. und umgeben sich mit einer Membran. Darauf treiben sie einen Keimschlauch, welcher auf dem Objectträger an der Spitze anschwillt, während das Plasma in diese Anschwellung überfliesst. Unter solchen Verhältnissen hört damit seine weitere Entwicklung auf.

Bei Aussaaten auf die Nährpflanze jedoch hat de Bary die Beobachtung gemacht, dass die Keimschläuche durch die

Spaltöffnungen direct in die Intercellularräume eindringen. Auffallenderweise aber geschieht dies nur dann, wenn die Zoosporen auf die ganz jungen Cotyledonen von Cruciferen gelangt sind. In diesem Falle verzweigt sich der eingedrungene Keimschlauch, es entsteht wieder ein vollständiges Mycelium, welches sich durch alle Theile der heranwachsenden Nährpflanze verbreitet, um dann später wieder an zahlreichen Stellen seine conidienbildenden Ausstülpungen zu erzeugen. Auf älteren Pflanzen entwickeln sich die Keimschläuche der Zoosporen ebenso wenig wie auf dem Objectträger.

Ausser der beschriebenen Art von Fortpflanzungszellen besitzt nun der Pilz noch zahlreich auftretende und vollständig innerhalb des Gewebes der Nährpflanze sich ausbildende Sexualorgane, Fig. 33. An den Enden der Mycelzweige, seltener auch interstitiell, entstehen nämlich Anschwellungen, welche sich immer mehr vergrössern, mit trübem, körnigem Protoplasma füllen und endlich durch eine Scheidewand als kuglige Oogonien abgrenzen. Gleichzeitig treiben benachbarte Myceliumzweige Ausstülpungen gegen diese Oogonien, die sich fest an letztere anlegen, worauf sie anschwellen und ebenfalls durch eine Wand selbstständige Zellen bilden. Es sind dies die männlichen Organe, die Antheridien, welche eine unregelmässig keulenförmige Gestalt besitzen und viel kleiner sind als die Oogonien Bald sammelt sich darauf im Centrum der

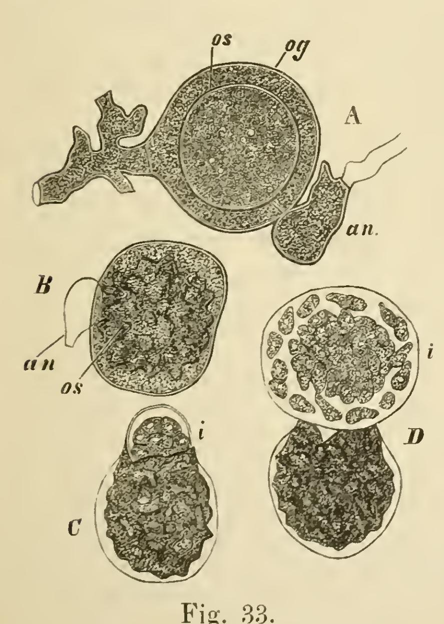


Fig. 33.
Cystopus candidus; A. Oogonium og. in welchem die Befruchtungskugel os, an welche das Antheridium, an, einen Befruchtungsschlauch getrieben hat; B. reifes Oogonium, C. u. D. Schwärmsporenbildung in der Oospore; i. Endosporium. (nach de Bary.)

letzteren ein rundlicher, undurchsichtiger, reich mit Fetttropfen versehener Ballen von Protoplasma an, welcher die Befruchtungskugel darstellt; sie liegt eingebettet in dem übrigen, mehr homogenen und durchsichtigen Theil des Plasmas.

Nach ihrer Bildung treibt das Antheridium durch die Wand des Oogoniums einen dünnen schnabelartigen Fortsatz, den Befruchtungsschlauch, welcher fortwächst, bis er zur Befruchtungskugel gelangt, Fig. 33, A. Seine Spitze ist stets geschlossen, er zeigt keine Spur von Spermatozoïden; es scheint also der Geschlechtsvorgang auf diosmotischem Wege stattzufinden. Die Befruchtungskugel umgibt sich in Folge dessen mit einer rasch sich verdickenden Membran und wird zur Oospore, welche bald darauf nach aussen eine zweite, sehr fest und dunkelfarbig werdende, mit welligen Buckeln und Runzeln bedeckte Haut, das Episporium, ausbildet, Fig. 33, B. Die Reste des Antheridiums sind noch lange an den reifen Oosporen zu erkennen, deren Keimung erst nach mehreren Monaten stattfindet.

Bei Aussaaten in Wasser wird dann das Endosporium aus dem unregelmässig zerreissenden Exosporium blasenartig herausgedrängt, Fig. 33, C. und D., der Inhalt theilt sich in viele Portionen, Zoosporen, welche sich auf ganz ähnliche Weise wie die in den Conidien ausbilden. Allmählich schlüpft nun das Endosporium mit seinem Inhalt vollständig aus, es bildet eine Kugel, in deren Centrum die Schwärmsporen angesammelt sind. Bald darauf werden letztere durch eine entstehende Oeffnung frei, sie zerstreuen sich im Wasser und beginnen nach dem Umherschwärmen ihre weitere Entwicklung, welche analog derjenigen ist, wie sie oben bei den auf ungeschlechtlichem Wege entstandenen beschrieben wurde.

Eine der schlimmsten Krankheiten, welche durch Pilze an den Culturpflanzen hervorgerufen werden, ist die durch Peronospora infestans verursachte Blattdürre und Zellenfäule der Kartoffel.

Ursprünglich wurden beide Erscheinungen von einander getrennt, bis de Bary*) den Nachweis lieferte, dass ein und derselbe Parasit dabei thätig ist und dass bei eingetretener

*) de Bary. Die gegenwärtig herrschende Kartoffelkrankh. Leipz. 1861.

Blattkrankheit die Zellenfäule der Knollen als deren natürliche und nothwendige Folge auftritt. Die Anfänge der Kartoffelkrankheit zeigen sich zuerst auf den Blättern als braune Flecken, welche sich, zumal wenn sie durch feuchtwarme Witterung unterstützt werden, rasch vergrössern und bald über das ganze Blatt ausbreiten; dieser Zustand überträgt sich von einem Blatt auf das andere, auch die Stengel werden ergriffen und in kurzer Zeit ist ein ganzes Feld mit rapider Schnelligkeit davon eingenommen. Das Kraut verwelkt, es stirbt endlich vollständig ab und schon dadurch wird die weitere Ausbildung der Knollen in ganz bedeutender Weise beeinträchtigt. Im höchsten Grade aber leiden dieselben, wenn sie von der sehr häufig dem Braunwerden des Krautes auf dem Fusse folgenden Zellenfäule ergriffen werden. Auch bei diesem Zustand findet man braune Flecken auf der Oberfläche, welche sich immer weiter ausbreiten und in die innere Masse der Kartoffelknolle eindringen; der Zellinhalt wird dabei ganz dunkel gefärbt, die Zellenwände selbst verändert und aufgelöst und der Process endet entweder als nasse Fäule, wobei die ganze Knolle in eine stinkende Jauche verwandelt wird, oder als trockene, wo sie in eine rissige, leicht zerfallende Masse einschrumpft.

Gleichzeitig mit dem Auftreten dieser Verderbniss stellen sich neben verschiedenen niederen Thieren mancherlei Schimmelbildungen ein, welche zuletzt rothe, gelbe oder bläuliche Ueberzüge an den kranken Theilen bilden.

Geht man auf die Anfangszustände der Krankheit zurück, so findet man in dem Blattgewebe der Kartoffelpflanze, welches die entstehenden kleinen braunen Flecken rings umgiebt, ein reich verästeltes Mycelium verlaufen, überall sich zwischen dem Parenchym ausbreitend und durch seinen lebhaften Vegetationsprocess die Bräunung der Zellen und dadurch die rasche Vergrösserung der braunen Flecken veranlassend.

An diesem Mycelium entstehen Ausstülpungen, welche sich schnell vergrössern und gewöhnlich zu mehreren aus den Spaltöffnungen der unteren, noch grünen Blattfläche ins Freie hervortreten. Es sind dies die Anfänge der Fruchtträger, welche nach stillstehendem Längenwachsthum unterhalb ihrer Enden zwei bis drei sich pfriemenförmig zuspitzende Seiten-

zweige treiben. Sämmtliche Theile des Fruchtträgers strecken sich noch etwas in die Länge und es entsteht nun zuerst am Ende des untersten Zweiges, gleich darauf an dem der übrigen und an der Spitze des Hauptstammes eine kleine kuglige Anschwellung, die künftige Conidie. Dieselbe vergrössert sich und erhält nach kurzer Zeit ihre fertige ovale oder citronenförmige Gestalt, Fig. 34, A.

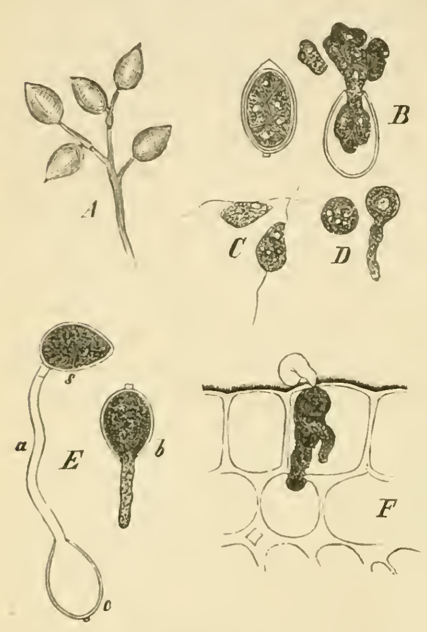


Fig. 34.
Peronospora infestans; A. junger Zweig des Pilzes; (in kleinerem Maasstabe als die übrigen Figuren) B. Schwärmsporenbildung, bei C. freie Schwärmsporen, bei D. dieselben keimend, bei F. eine Schwärmspore, welche sich durch die Epidermis eines Kartoffelstengels eingebohrt hat; E. a. die Conidie c bildet eine secundäre; b. Keimung einer Conidie. (nach de Bary.)

Sie gliedert sich durch eine etwas unterhalb noch im Tragfaden entstehende Scheidewand ab, so dass sie mit einem kurzen Stielchen versehen ist, Fig. 34, B. Der unter der Querwand liegende Theil des Trägers wächst weiter, indem er unmittelbar an derselben auf einer Seite sich ausstülpt, dann eine neue Spitze und auf derselben wieder eine Conidie ausbildet. Durch diese Art des Längenwachsthums wird aber die schon fertige Conidie jedesmal gezwungen, ihre frühere zum Tragfaden verticale Stellung aufzugeben und in eine vollständig horizontale überzugehen; ausserdem wird der Träger neben der Ansatzstelle jeder Conidie eigenthümlich flaschenförmig aufgetrieben.

Auf die beschriebene Weise kann unter günstigen Bedingungen eine Reihe von acht bis sechszehn Conidien sich ausbilden, welche sämmtlich zur Seite geknickt und gleich weit von einander entfernt sind, während sie im Uebrigen keine

bestimmte gegenseitige Stellung einnehmen. Die Entwicklung aller Aeste einer Fruchthyphe ist eine gleichzeitige und ebenso ist auch die Anzahl der gebildeten Conidien an jedem genau die nemliche. Die reifen Conidien, deren Stielchen eine gallertartig aufgelockerte Beschaffenheit erhalten, fallen bei der geringsten Erschütterung sehr leicht ab; am oberen Ende besitzen sie eine stumpfe Papille und ihr Inhalt besteht aus farblosem, körnigem Protoplasma. Bringt man sie in einen Wassertropfen, so entwickeln sie ovale, einseitig abgeplattete Schwärmsporen, Fig. 34, B und C, deren Bildung und Ausschwärmen in ganz derselben Weise vor sich geht, wie es oben bei Cystopus candidus beschrieben wurde. Ausserdem besitzen aber die Conidien noch die Fähigkeit, gleich direct in einen Keimschlauch auszuwachsen, Fig. 34, E, b, welcher sich reichlich mit Protoplasma anfüllt, verzweigt und alle Eigenschaften eines Myceliums annimmt. Eine dritte, aber seltene Art der Entwicklung geht so vor sich, dass die Conidie einen Schlauch bildet, dessen Spitze blasig anschwillt; diese Anschwellung vergrössert sich, das Plasma fliesst in sie über, sie gliedert sich durch eine Scheidewand ab und erhält nun die vollständige Gestalt einer gewöhnlichen Conidie, Fig. 34, E, a. Ja de Bary sah sogar, wie aus solchen secundären Conidien noch tertiäre entstanden, während sie alle bei günstigen Verhältnissen Schwärmsporen zu bilden im Stande waren.

Die Keimschläuche der zur Ruhe gekommenen Schwärmsporen Fig. 34, D, treten entweder durch die Spaltöffnungen der Blätter ins Innere oder sie bohren sich auch direct durch die Wand der Epidermiszellen. Der eingedrungene Faden schwillt durch Ueberfliessen des Plasmas bedeutend an, Fig. 34, F, während der aussen befindliche Theil der Zoospore undeutlich wird und bald abstirbt. Der Keimschlauch verästelt sich sogleich zum Mycelium, indem er die gegenüberliegende Wand der Epidermiszelle durchbricht, wodurch er dann zwischen die andern Zellen gelangt und dieselben beim Weiterwachsen überall auseinanderdrängt.

Die nächste Umgebung des eingedrungenen Parasiten wird gebräunt, die Bräunung schreitet dann von Zelle zu Zelle fort, so dass der sichere Beweis vorliegt, dass die Peronospora die einzige, unmittelbare Ursache der ganzen Krankheits-

erscheinung ist; von den Blättern verbreitet sich das Mycel weiter auf die Stengel und es gelingt leicht, in solchen kranken Pflanzentheilen die Gegenwart des Pilzes durch Ueberdecken mit Glasglocken bei Gegenwart von Feuchtigkeit nachzuweisen, wo sich dann bald überall ein weisser Ueberzug von fructificirender Peronospora bildet. de Bary hat durch einen schlagenden Versuch nachgewiesen, dass die Knollenverderbniss auf ganz derselben Ursache, wie die Blattkrankheit beruht. Er halbirte eine vollständig gesunde, reine Kartoffelknolle und brachte jede Hälfte mit etwas Wasser bei ganz gleichen Bedingungen unter eine Glasglocke. Die eine diente als Controllversuch, die andere wurde mit möglichst wenig Conidien von Peronospora besät. Die Oberfläche der besäten Hälfte zeigte nun bald alle die characteristischen Eigenschaften der Kartoffelkrankheit; es entstanden braune Flecken, welche immer weitere Ausdehnung gewannen, endlich das Kartoffelstück in einer zusammenhängenden Schichte umzogen und schliesslich je nach dem Grade der Feuchtigkeit dessen Zerfliessen in Jauche oder ein vollständiges Einschrumpfen veranlassten. Ausserdem zeigten sich bei beginnender Bräunung zahlreiche Anflüge von fructificirender Peronospora. Die nicht besäte Hälfte dagegen blieb, während die andere schon längst verfault war, völlig gesund und bedeckte sich nur auf der Schnittfläche mit einer Schichte von neu gebildeten Korkzellen.

Man hat es also ganz in der Gewalt, die Ansteckung der Knollen nach Belieben auszuführen und was hier im Experiment künstlich geschehen ist, erfolgt in der Natur auf ganz ähnliche Weise. Die massenhaft von den Blättern der Kartoffelpflanze auf den Erdboden fallenden Conidien finden nämlich hier die weiteren Bedingungen für ihre Entwicklung, besonders Feuchtigkeit, vor. Sie werden durch das Wasser tiefer ins Erdreich eingeführt, keimen oder entlassen Zoosporen, welche in die Knollen eindringen und so ebenfalls, wie oben in den Blättern, die Bräunung der Zellen und deren Zerstörung beginnen. Auch hierbei wuchert das Mycelium intracellulär und es bildet häufig ins Innere der Zellen eindringende Haustorien. Jede kranke Knolle entwickelt, unter eine Glasglocke gebracht, üppig wachsende Peronospora, deren

Fruchthyphen häufig mit Querwänden versehen sind. Wenn aber die Zersetzung weiter fortgeschritten ist, so verschwindet die Peronospora, dagegen treten dann als secundäre Erscheinungen verschiedene Schimmelpilze, besonders Fusisporium Solani und Spicaria Solani, auf, welche aber mit der Peronospora in keinem Zusammenhange stehen; sie ernähren sich vielmehr als ächte Saprophyten von den Fäulnissproducten der abgestorbenen Kartoffelknolle.

Ausser den beschriebenen Conidien kennt man keine weiteren Fortpflanzungsorgane bei Peronospora infestans; es ist noch nicht gelungen, wie bei den meisten übrigen Peronosporeen, überwinternde Oosporen aufzufinden. Die Conidien aber sind nach den darüber angestellten Versuchen nicht im Stande, den ganzen Winter hindurch ihre Keimfähigkeit beizubehalten; dieselbe erlischt schon nach einigen Monaten. Der Pilz überdauert den Winter vielmehr dadurch, dass sein Mycelium in den Knollen perennirt und im Frühjahr der Weiterentwicklung fähig ist; es wächst dann in die jungen Triebe hinein und je mehr sich diese vergrössern, desto mehr breitet es sich aus, bis es endlich in den Blättern von kleinen, unscheinbaren Anfängen ausgehend wieder zur neuen Fruchtbildung gelangt. Die entstandenen Conidien verbreiten sich von einer Pflanze zur andern; ihre Zahl potenzirt sich in wachsendem Verhältniss und es kann so durch eine einzige kranke Saatkartoffel bei günstigen Bedingungen die Epidemie in weitere Kreise verbreitet werden. Es scheint, dass die geschilderte Kartoffelkrankheit, welche in Folge ihres verheerenden Auftretens erst in den letzten Jahrzehnten die allgemeine Aufmerksamkeit erregt hatte, schon früher vielfach, wenn auch nie sehr ausgedehnt, vorgekommen ist und dass sie mit andern Krankheiten, z. B. der Kräuselkrankheit, verwechselt wurde.

Die Kartoffelpflanze wird überhaupt noch von manchen anderen Uebeln heimgesucht, welche aber alle bei weitem nicht so häufig und so verderblich auftreten, wie die durch Peronospora verursachte Erkrankung. Bei dem sogenannten Grind und Schorf der Kartoffel fand Kühn einen Pilz, Rhizoctonia Solani, thätig, dessen farbloses Mycel im Gewebe wuchert, während es, sobald es an die Oberfläche tritt, rothbraun ge-

färbt ist. Die oberste Schichte der Korkzellen wird durch die Vegetation dieses Pilzes krankhaft verändert, ausgedehnt und endlich in unregelmässige Fetzen zersprengt. Dieser Parasit scheint ein Pyrenomycet zu sein, da Kühn bemerkte, dass die violetten Ausstülpungen desselben sich schliesslich zu einem scheinbar zelligen, rundlichen oder länglichen Körper mit einander verbinden.

Pyrenomycetes.

Diese grosse Familie bietet vortreffliche Beispiele zur Erläuterung der mannigfachen Formwandlungen der Pilze dar. Die einzelnen Arten leben theils auf verwesenden, todten Stoffen, auf Excrementen oder faulenden Blättern und Zweigen, theils bewohnen sie die Blätter, die Rinde oder das Holz lebender Pflanzen. Die einen breiten ihr Mycelium spinnwebeartig auf der Oberfläche der Substrate aus, ihre ganze Entwicklung durchlaufen sie als Epiphyten, andere siedeln sich innerhalb des Gewebes der Nährwirthe an und erst bei der Reife durchbrechen sie zum Zweck der Sporenentleerung die Oberhaut.

Die durch ihren ganzen Bau und durch ihre Entstehung complicirtesten Fruchtformen der Pyrenomyceten sind schlauchartige Behälter, die Perithecien, deren Anlage höchst wahrscheinlich ein geschlechtlicher Befruchtungsact vorhergeht. Derselbe findet nämlich, wie man bei einzelnen Arten beobachtet hat, in der Weise statt, dass an den Mycelfäden eigenthümlich gestaltete Aussackungen oder Zweige sich bilden, welche gewöhnlich kuglige Form annehmen und sich durch eine Wand als selbstständige Zellen abgrenzen; sie verhalten sich vollständig als weibliche Organe und wurden von de Bary mit dem Namen Carpogonium oder Ascogonium belegt, Fig. 35, A. a. Von einem benachbarten Faden wächst zugleich ein dünner, cylindrischer Fortsatz an das Carpogonium heran; es ist dies die männliche Zelle, das Pollinodium, Fig. 35, A, b, welches bald, innig dem Ascogonium angeschmiegt, den Scheitel desselben erreicht, worauf es ebenfalls von seinem

Mutterfaden sich abgrenzt und oft noch in mehrere Zellen zerfällt.

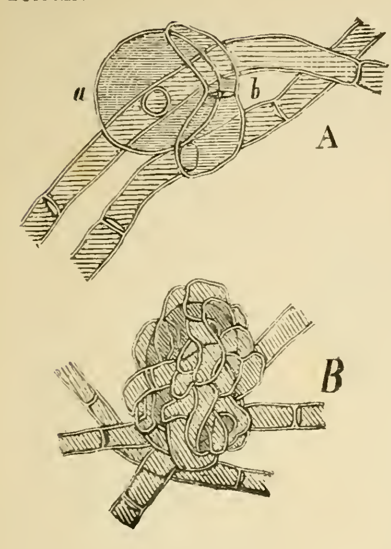


Fig. 35.
Sordaria fimiseda DNtrs. A. 720. Erste Anlage des Peritheciums; a. Carpogonium; b. Pollinodium, welche in B beide von zahlreichen Fäden überwachsen werden, so dass ein dichtes Knäuel entsteht. (nach Woronin) (B, 620-fach. Vergr.)

In den meisten Fällen konnte keine directe Verschmelzung des Inhaltes dieser beiden Geschlechtszellen wahrgenommen werden, es muss die Befruchtung also blos durch diosmotischen Stoffaustausch vor sich gehen; nur bei Eurotium wurde eine wirkliche Copulation des Pollinodiums mit der obersten Zelle des hier schraubenförmigen und etwa 4—5 zelligen Carpogoniums beobachtet, eingeleitet durch Resorption einer kleinen Stelle der beiderseitigen Membranen und dadurch vermittelte Mischung des Plasmas.

Bald nach der Befruchtung wachsen zahlreiche Schläuche von unten her am Ascogonium hinauf, sie verzweigen sich und umgeben dasselbe, sich vielfach theilend, bald mit einer allseitig geschlossenen parenchymatischen Hülle, Fig. 35, B. Durch Differenzirung und neue Verzweigungen bilden sich darauf die verschiedenen Schichten des Peritheciums aus: Die Wandschicht, Fig. 36, a, auf welche das sogenannte Füllgewebe folgt und durch Theilung und Verzweigung des Carpogoniums kommen im Innenraum aus den Zellen desselben mehr oder weniger zahlreiche Sporenschläuche zur Ausbildung, in welchen eine verschiedene Anzahl von Sporen entsteht.

Die Perithecien stehen entweder isolirt von einander auf der Oberfläche des Substrates; in diesem Falle ist ihre Aussenwand mit oft äusserst zierlichen, mannigfach gestalteten, haarähnlichen Verzweigungen der Wandzellen bedeckt Fig. 36, b. oder es befinden sich mehrere Perithecien in ein gemeinsames

aus weissem, markähnlichem, pseudoparenchymatischem Gewebe gebildetes Lager eingesenkt, welches mit einer festen, gefärbten Corticalschichte überzogen ist. Bei den meisten Pyrenomyceten ist der obere Theil des Peritheciums in einen mehr oder minder langen, bisweilen gewundenen Hals ausgezogen, dessen Innenseite bis auf einen kurzen, centralen Canal von zahlreichen Haaren, Periphysen, ausgekleidet ist, Fig. 36, p. Zur Zeit der Reife durchbricht dieser Hals bei den in ein Stroma eingesenkten Arten schliesslich die Rindenschicht und es erscheinen auf dieser kleine, warzenförmige Pünktchen, die Mündungen der Perithecien, ostiola, durch welche die Sporen entleert werden



Fig. 36.
Sordaria fimiseda DNtrs. Durchschnitt durch ein reifes Perithecium; im Innern die Paraphysen mit den Ascis; a. Wandschicht, von welcher die haarähnlichen Verzweigungen h entspringen; b Füllgewebe; p. Periphysen, o. Ostiolum. (nach Woronin) 90-fach. Vergr.

Eine zweite Fruchtform der Kernpilze bilden die Spermogonien, ebenfalls hohle Behälter, wie die Perithecien, innen überall ausgekleidet mit der spermatienabschnürenden Hymenialschichte; im Wesentlichen sind sie den bei den Uredineen beschriebenen gleich. Die dritte Art von Reproductionsorganen, die Pycniden, sind ebenfalls ihrem Bau nach den Spermogonien verwandt; jedoch sind die im Innern abgeschnürten Stylosporen grösser als die Spermatien und keimfähig. Für die Gattung Erysiphe ist von de Bary nachgewiesen worden, dass deren Pycniden Missbildungen sind, hervorgerufen von einem zweiten parasitischen Pilze, dessen Beschreibung unten folgen wird; bei den andern Kernpilzen aber kommen sie

bestimmt als besondere Formen derselben vor, so z. B. solche mit mehrfächerigen Sporen bei Cucurbitaria, wie ich sie sehr schön an Präparaten von Dr. Magnus gesehen habe, welche vollständig mit Tulasne's Abbildungen übereinstimmten. Die letzte Form der Fortpflanzung endlich wird durch Conidienträger vermittelt; hier werden auf Fruchthyphen, welche isolirt stehen können oder in andern Fällen zu einem Hymenialkörper mit einander verbunden sind, die oft mehrzelligen Sporen in verschiedener Weise abgeschnürt.

Wie alle Reproductionsorgane der Pyrenomyceten früher als besondere Arten getrennt von einander beschrieben wurden, so bildeten auch die Conidienträger derselben eine eigene Familie für sich, die Fadenpilze, Hyphomycetes, welche aber nach Tulasne's Entdeckung, dass die meisten nur Entwicklungsglieder der Kernpilze und der nahe verwandten Scheibenpilze sind, vollständig aufgelöst werden musste. In den Formenkreis von Kernpilzen gehören also auch die beiden allergemeinsten und bekanntesten unserer Fadenpilze, Penicillium crustaceum und Aspergillus glaucus, deren eingehendere Besprechung im Anhang stattfinden wird.

Was nun die Aufeinanderfolge der verschiedenen Organe betrifft, so herrscht darin eine ausserordentliche Mannigfaltigkeit. Gewöhnlich aber ist das eine Formgenus bereits im Vergehen begriffen oder schon gänzlich abgestorben, wenn das andere erscheint; auch ist es nicht nothwendig, dass innerhalb eines Entwicklungscyclus immer sämmtliche Glieder vorhanden sind; es können vielmehr einige übersprungen werden oder auch, ähnlich wie bei den Uredineen, vollständig fehlen. Bei den einen findet man als gewöhnliches Vorkommniss die Form der Perithecien, bei den andern erscheinen hauptsächlich Conidienträger und nur selten Perithecien, bei den dritten, wie bei dem gemeinen Pleospora herbarum, welches das in Hallier's Schriften oft genannte Cladosporium herbarum oder Sporidesmium Cladosporii zur Conidienform hat, kommen die sämmtlichen Bildungen auf ein und demselben Mycelium vor, man findet sogar aus den reifen Perithecien die conidientragenden Hyphen hervorsprossend. Bisweilen kommt, wie bei Nectria cinnabarina, die Conidienform, hier Tubercularia vulgaris, zuerst zum Vorschein und unter

dem Hymenium derselben entsteht dann die Anlage eines Stromas mit den Perithecien.

Bei einigen kommen innerhalb der Vegetationsperiode alle Fruchtformen mit Ausnahme der Perithecien zur Fructification; im Herbste bildet sich aus ihrem Mycelium ein dicht verfilztes, mit derber Rinde versehenes Dauergewebe, ein Sclerotium, aus welchem bei günstigen Bedingungen im künftigem Frühjahr die Anlage der Perithecien hervorgeht. Es giebt noch manche Hyphomycetenformen, deren weitere Entwicklungsglieder unbekannt sind, bei welchen man aber, in Folge ihrer Aehnlichkeit mit anderen besser erforschten, berechtigt ist anzunehmen, dass sie eben nur eine Art des Vorkommens eines Pyrenomyceten sind.

Eine eigenthümliche, einzig in ihrer Art dastehende Conidienbildung kommt bei der auf Excrementen wachsenden Sordaria coprophila DNtrs. vor. Die Perithecien dieses Pilzes sind ähnlich wie diejenigen von Sordaria fimiseda, Fig. 36, kolbenförmige, braune Körper, mit langem, oft retortenartig gebogenem, nach dem Licht sich richtendem Halse und die innerhalb derselben befindlichen dunkelgrünlich gefärbten Ascosporen besitzen fadenförmige, gallertartige Anhängsel an jedem Ende; bei der Keimung dieser Sporen tritt zuerst aus dem Keimporus eine farblose kuglige Blase heraus und erst an dieser entstehen dünne, sich verzweigende Keimschläuche. An dem nämlichen Mycel finden sich ferner rundliche, braune Pycniden sowie auch die Organe für die angedeutete merkwürdige Weise der Entstehung der Conidien, Fig. 37. An zahlreichen Mycelfäden werden flaschenförmige Austreibungen gebildet, welche sich meist septiren und an sich selbst seitlich noch mehrere ihnen ähnliche treiben können, so dass in Folge dessen eine Art von Verzweigung stattfindet. Diese Körper sitzen oft in langen, zweiseitigen Reihen an den Fäden; nach oben verlaufen sie in einen engen Hals und eine offene.



Fig. 37.
Sordaria coprophila DNtrs.; Conidienbildende Zweige des Myceliums, 1000-fach. Vergr. (nach Woronin.)

trichterförmig erweiterte Mündung. Aus letzterer kommt nun das Plasma tropfenweise heraus, Fig. 37; diese Tropfen sammeln sich allmählich zu einem Ballen, der bei der geringsten Bewegung zerfällt. Jeder Tropfen ist eine Conidie, besitzt eine zarte Membran und einen Kern; doch wurde die Keimung derselben noch nicht verfolgt. Ich habe diese sonderbaren Gebilde auf unter Glasglocken befindlichem Pferdemist häufig beobachtet; wegen ihrer Kleinheit muss man ziemlich starke Vergrösserungen anwenden, um sie deutlich sehen zu können.

Wir wollen nun zur Beschreibung einiger Pflanzenkrankheiten übergehen, deren Entstehungsursache von verschiedenen Abtheilungen der Familie der Pyrenomyceten herrührt.

Mehlthau.

Diese so häufig bei den verschiedensten Dicotyledonen auftretende Krankheitserscheinung wird durch die Erysipheen hervorgebracht, eine den andern Pyrenomyceten gegenüber verhältnissmässig sehr einfach gebaute Familie. Viele derselben bewohnen nur eine einzige ganz bestimmte Nährpflanze; andere, wie das am häufigsten vorkommende Erysiphe communis, schmarotzen auf den verschiedensten Gewächsen. Alle überziehen sie die grünen Theile der Nährwirthe mit ihrem fädigen, in lange Glieder getheilten, reich netzartig verzweigten Mycelium, welches durch zahlreiche Haustorien auf die Epidermis befestigt ist. Vermittelst dieser Haustorien, welche als kurze, röhrenartige Aussackungen die Membranen durchbohren, worauf sie im Innern der Zellen blasig anschwellen, nehmen diese Pilze ihre Nahrung auf und häufig beginnt von ihrer Befestigungsstelle aus eine sich immer weiter verbreitende Bräunung der Oberhaut.

Die sämmtlichen Fortpflanzungsorgane der Erysipheen werden auf der Oberfläche der befallenen Pflanzen gebildet und immer beginnt der Formenkreis derselben mit der Entwicklung zahlreicher Conidienträger. Es erheben sich nämlich von verschiedenen Stellen des Mycels aufrechte, ziemlich dicke, reich mit Plasma erfüllte Zweige, deren Längenwachsthum bald stillsteht, worauf sie sich von oben nach unten meist in eine Reihe von Zellen, die künftigen Conidien, theilen; selten kommt nur eine einzige Conidie zur Ausbildung,

Fig. 38, A. Dieselben erhalten ovale oder cylindrische Gestalt und nach ihrem Abfallen bedecken sie die ganze Pflanze in Gestalt eines weissen, mehlig staubigen Pulvers.

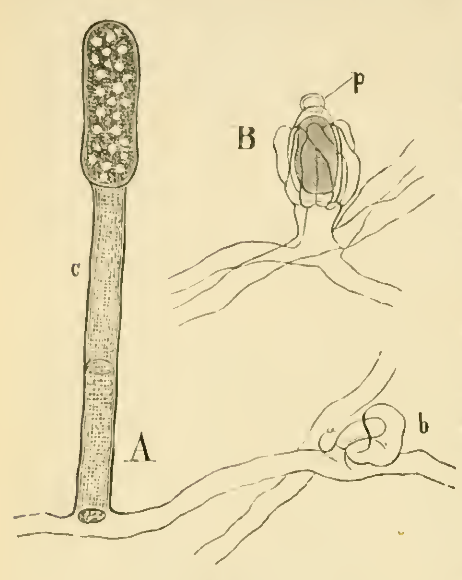


Fig. 38.

A. Erysiphe Umbelliferarum; Mycelfaden mit einem Conidienträger c, bei b mit einem Pollinodium, welches sich mit dem Carpogonium eines benachbarten Fadens vereinigt hat; B Podosphaera Castagnei, bei welchem das Carpogonium von Hüllschläuchen umwachsen ist; p das nach hinten liegende Pollinodium. (nach de Bary.)

Gegen das Ende der Conidienbildung hin kommen die Geschlechtsorgane und dann die Peritheeien zum Vorschein und es gelingt leicht, Mycelfäden aufzufinden, welche gleichzeitig Conidienträger und die ersteren zur Anschauung bringen, Fig. 38, A. Kurz darauf verschwindet zuweilen das Mycelium gänzlich und die Blätter etc. sind dann blos noch mit den zahlreichen, schwarzbraunen Perithecien bedeckt. de Bary*) hat die Entwicklung der letzteren erst kürzlich einer erneuten Untersuchung unterworfen, wobei er von zwei verschiedenen Typen derselben ausgegangen ist.

Die einen nämlich, wozu nur zwei Gattungen, Podosphaera und Sphaerotheca, gehören, bilden in ihren Perithecien nur einen einzigen Ascus aus, bei den übrigen dagegen entstehen deren mindestens vier. Die Geschlechtsorgane erscheinen stets an den Punkten, wo sich zwei Mycelfäden kreuzen oder wo zwei benachbarte einander seitlich berühren, und zwar erzeugt der oben liegende Faden immer das Pollinodium, Fig. 38, A. Bei denen mit einem Sporenschlauch sind die beiden

*) de Bary und Woronin, Beiträge zur Morph. u. Physiol. d. Pilze. III. Abhandl. d. Senkenb. naturf. Gesellsch. Frankfurt a. M. 1870.

Sexualzellen aufrecht, Fig. 38, B., bei den übrigen sind sie gekrümmt und hornartig gebogen, Fig. 38, A, b. Das Ascogonium und das Pollinodium verhalten sich in der oben für die Kernpilze im Allgemeinen angegebenen Weise, kurz nach der Befruchtung wachsen Hüllschläuche in verschiedener Anzahl von unten her an ersterem hinauf, Fig. 38, B., das Pollinodium wird dadurch zur Seite gedrängt und es verschwindet zuletzt vollständig, während die Hüllschläuche sich theilen und verzweigen und bald eine vollständige Schichte, die künftige Aussenwand, rings um das Ascogonium bilden.

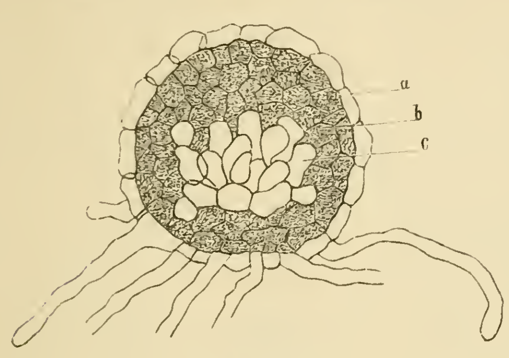


Fig. 39.
Erysphe communis; junges Perithecium. a Zellen der Wandschichte, b Füllgewebe, c Verzweigungen des Ascogoniums, aus welchen die Asci hervorgehen. (nach de Bary.)

Der ganze Körper erhält mehr und mehr rundliche Gestalt, die Hüllzellen verzweigen sich nach innen zu und es entstehen durch Septirung dieser Zweige aus Pseudoparenchym gebildete Zellenlagen, das Füllgewebe, welches den Innenraum vollständig einnimmt, Fig. 39, b; nach aussen bilden sich zahlreiche, zierliche Haare durch Ausstülpungen der Zellen der Wandschicht; letztere selbst werden braun, polygonal und oft unregelmässig buchtig.

So nähert sich das junge Perithecium seiner definitiven Gestalt und in diesem Zustand beginnt auch das Ascogonium, welches bisher nur sehr langsam sich vergrössert hatte, seine weitere Entwicklung. Bei denjenigen, welche nur einen Ascus haben, theilt es sich durch eine Scheidewand in zwei Zellen, deren untere zur Stielzelle, die obere zum fertigen Ascus sich ausbildet; bei denen mit mehreren Ascis dagegen wächst es bedeutend, krümmt sich und theilt sich in mehrere Zellen, Fig. 39, c. Während die äussern Lagen des Ausfüllungsgewebes sich braun färben, ist das Ascogonium von

ihnen immer leicht durch seinen farblosen, durchsichtigen, homogenen Plasmainhalt zu unterscheiden.

Jede Zelle desselben bildet nun mehrere Aussackungen, welche sich wieder gliedern und unregelmässig durcheinander lagern. Eine verschiedene Anzahl solcher Zellen wächst endlich zu den grossen, keulenförmigen Ascis heran, die übrigen werden sammt dem Füllgewebe immer mehr gegen die Wand gedrängt, so dass sie zuletzt ganz unscheinbar sind und schliesslich nur wenige Reste von ihnen übrig bleiben. Auch die Asci drücken sich gegenseitig, wodurch sie eckige Umrisse bekommen; in denselben entstehen die Sporen simultan in wechselnder Anzahl. Die reifen Perithecien der Erysiphe-Arten lassen nirgends eine Oeffnung erkennen, durch welche die Entleerung der Sporen stattfinden könnte; dieselben kommen vielmehr meist erst nach Verwitterung ihrer Hüllen ins Freie, worauf sie sehr leicht bei Gegenwart von Feuchtigkeit Keimschläuche und neues Mycelium hervorbringen.

Eine der verderblichsten Zerstörungen, welche von den Erysipheen ausgehen, ist die Traubenkrankheit; der sie verursachende Parasit ist Oïdium Tuckeri, von welchem bis jetzt nur die Conidien, noch nie die Perithecien aufgefunden werden konnten. Uebrigens ist diese Conidienform derjenigen anderer Erysiphe-Arten so ähnlich, dass es noch gar nicht einmal ausgemacht ist, ob der Traubenpilz wirklich eine selbstständige Art für sich ist, oder ob er nicht vielmehr von anderen Pflanzen, wo seine Perithecien sich finden, erst auf die Rebe verschleppt wurde. Es ist bekannt, welche grosse Verbreitung diese Krankheit in den 50er Jahren angenommen und welche gewaltigen Verheerungen sie hervorgebracht hat. Der Pilz zeigt sich auf den Blättern, welche braun werden und verdorren; er zerstört die Beeren, so dass sie verkümmern oder platzen und schliesslich zu unscheinbaren Massen zusammenschrumpfen. Auch hier finden sich dann wie bei der Kartoffelkrankheit zahlreiche, fäulnissbewohnende Schimmelformen als secundäre Erscheinung ein.

Eine merkwürdige Bewandniss hat es mit den bei fast allen Erysiphe-Arten, auch beim Traubenpilz, beobachteten Pycniden. de Bary bemerkte zuerst bei sorgfältiger Betrachtung des Mycels von Erysiphe Galeopsidis innerhalb desselben

weit dünnere, zarte Fäden verlaufen, welche sich verzweigten und einzelne Aeste in die Conidienträger entsendeten. Wurden Stücke solchen Myceliums im Wasser liegen gelassen, so wuchsen die dünneren Fäden aus denselben heraus, wodurch sie dann weit deutlicher sichtbar waren und ihre parasitische Natur unzweifelhaft erkennen liessen.

Die weitere Entwicklungsgeschichte dieses Schmarotzers verläuft in der Weise, dass die in die Conidienträger der Erysiphe gelangten Fäden desselben die einzelnen Zellen durchdringen, wobei sie entweder in der obersten Zelle oder schon in einer der mittleren oder unteren umkehren, sich reichlicher verzweigen und wieder nach abwärts verlaufen, Fig. 40, A. Die Zweige der Fäden septiren sich bald darauf sehr zahlreich, es entstehen immer neue Aeste und alle legen sich schliesslich rings um die Membran der befallenen Zelle zu einer dichten parenchymatischen Schichte zusammen. Dieselbe erhält braune Farbe, jede ihrer Zellen treibt nach innen ein fadenförmiges Sterigma, an dessen Spitze länglich cylindrische Stylosporen sich abgliedern. Damit ist die Pycnide fertig, Fig. 40 A., und die Sporen werden schliesslich durch einen Riss aus deren Scheitel in Gestalt einer wurmförmigen, mit Schleim vermischten Ranke ausgestossen. Letztere keimen leicht und es gelang de Bary, auf Mycel und Conidien von Erysiphe ihr Eindringen zu beobachten in Gestalt eines dünnen Schlauches, der im Innern anschwillt und sich dann zu neuen Fäden verzweigt, Fig. 40, B.

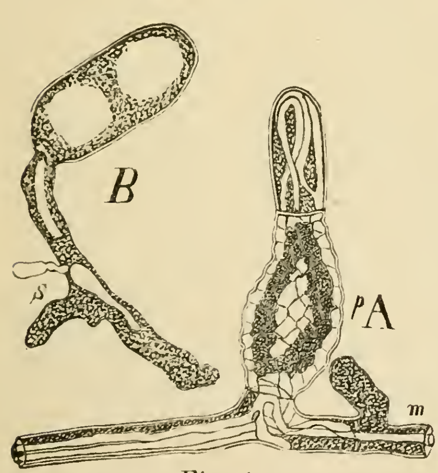


Fig. 40.
A Erysiphe Galeopsidis. m Mycelium desselben, von Cicinnobolusfäden durchsetzt, welche bei p die untere Zelle eines Conidienträgers in eine Pycnide umgewandelt haben; B Conidie von Erysiphe Umbelliferarum, auf dem Objectträger gekeimt, bei s eine Stylospore von Cicinnobulus eindringend. (600) (nach de Bary.)

Ebenso entstanden bei Aussaaten der Sporen dieses Parasiten, welchen de Bary Cicinnobolus Cesatii nannte, auf gesunde, noch auf der Nährpflanze schmarotzende Erysiphe bald zahlreiche Pycniden. Auch in die Perithecien drang er ein; daher mag es sich erklären, dass überall, wo dieser Pilz vorkommt, nur wenige Perithecien entstehen. Ueberhaupt lässt sich jetzt begreifen, warum das Vorkommen der Pycniden bei Erysiphe ein so wenig constantes ist und warum dieselben so äusserst mannigfaltige Formen annehmen. Bald besitzen sie vollkommen die Gestalt reifer Perithecien, bald sind sie gestielt, bald kuglig, spindel- oder biscuitförmig, bald sitzend und oben mit collabirten Anhängseln versehen. Es hängt dies alles damit zusammen, ob die Pycnide in den oberen, mittleren oder unteren Zellen des Conidienträgers zur Entwicklung kam; in letzterem Falle trägt sie die verschrumpften Reste der oberen Zelle.

Die Sporen des Cicinnobolus sind lange keimfähig; es ist daher ihre Ueberwinterung möglich; doch bemerkt de Bary, dass das Mycelium desselben nach Bildung der Pycniden anschwoll, sich braun färbte und vielfach septirte, was auf Bildung eines Dauermyceliums hindeutet. Es ist interessant, dass in Rücksicht der weiteren Entwicklung dieses Parasiten die Vermuthung Wahrscheinlichkeit besitzt, er möchte die Conidienform irgend eines Pyrenomyceten sein; wir hätten dann hier die merkwürdige Erscheinung, einen Kernpilz in einem andern schmarotzen zu sehen. Zunächst bleibt zu untersuchen, ob die verschiedenen Erysipheen nur von einer oder von mehreren Arten des genus Cicinnobolus befallen werden.

Es gibt nun noch eine ganze Reihe von genauer bekannten Krankheiten, welche durch Pyrenomyceten veranlasst werden. Hallier hat einige Conidienformen derselben, wie Stemphylium, Sporidesmium, Septosporium, Polydesmus etc. in Zusammenhang mit den von ihm bei menschlichen Infectionskrankheiten gefundenen Pilzen gebracht und für alle den gemeinsamen Namen Schizosporangien eingeführt; man trifft diese Pilze häufig als Parasiten an unsern Culturgewächsen und ihr Auftreten

wird hier immer von verschiedenen Krankheitserscheinungen begleitet.

An den Schoten, Blättern und Stengeln des Rapses und Rübsens kommt ein Pilz vor, der von Kühn Rapsverderber, Sporidesmium oder Polydesmus exitiosus genannt wurde; er verursacht rasch sich vergrössernde Flecken auf den Geweben, so dass dieselben schliesslich ganz missfarbig und welk werden, endlich vollständig einschrumpfen. Man findet alle Theile der krankhaften Stellen von reich verästelten, septirten Mycelfäden durchzogen, welche sich unter der Epidermis immer dichter ansammeln, so dass schliesslich ein Stroma entsteht, dessen Endzellen als cylindrische, septirte Basidien frei an die Oberfläche hervortreten, Fig. 41, a. An ihrer Spitze kommen die Sporen als längliche, bald an Grösse zunehmende Ausstülpungen zum Vorschein, welche schliesslich spindelförmige Gestalt annehmen, sich braun färben und durch eine grössere Anzahl von Scheidewänden vielkammerig werden. Entweder bleibt es bei Bildung dieser einen Spore, welche dann an der Spitze in einen langen Fortsatz ausgezogen ist, Fig. 41, b, oder es folgt auf die erste die Anlage von noch mehreren, so dass schliesslich eine ganze Reihe entsteht, welche nach erfolgter Reife sehr leicht auseinanderfällt und die leeren, dann rothbraun gefärbten Basidien zurücklässt, Fig. 41, c.

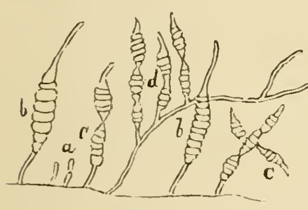


Fig. 41.
Polydesmus exitiosus; a Basidien, an deren Spitze die Sporen entstehen; b reife Sporen, oben in einen langen Fortsatz ausgezogen; c mehrere Sporen hinter einander; d Sporen einer fadenförmig verlängerten Basidie aufsitzend. (nach Kühn.)

Doch nicht immer ist die Bildung dieser Sporen eine so regelmässige; besonders zu grosse Feuchtigkeitsverhältnisse geben Anlass zu sehr verschiedenen Abnormitäten. So treibt die Basidie anstatt der Sporen bisweilen lange Fäden, auf welchen dann an mehreren Stellen die Sporenketten sich ausbilden, Fig. 41, d, oder die Sporen entstehen zu mehreren an der Spitze der Basidie oder seitlich an derselben. Bei den einen fehlen die Fortsätze, andere treiben deren seitliche, welche wieder zu Sporen werden können; bei noch andern

schwillt die Endzelle an und dehnt sich zu neuen Sporen aus. Die Keimung derselben geht sehr leicht vor sich, jede Sporenzelle ist im Stande, einen reich sich verästelnden Keimschlauch zu entwickeln, dessen Eindringen ins Gewebe der Nährpflanze von Kühn beobachtet wurde; das Wachsthum der eingedrungenen Fäden ist auch hier von einem Braunwerden der Membranen und des Zellinhaltes der befallenen Theile begleitet. Als Perithecienform gibt Fuckel für diesen Pilz Pleospora Napi an, welches ziemlich selten an dürrem Kraute von Brassica vorkommt und gelbe, vielzellige, spindelförmige Ascosporen besitzt.

Ein dem beschriebenen ganz ähnliches Polydesmium mit ebenso mannigfach variirenden Sporenformen verursacht nach Kühn auf Möhrenblättern das Auftreten von dunkeln Flecken, welche sich zuletzt über das ganze Blatt verbreiten und dessen Austrocknen und Einrollen zur Folge haben.

Bei den verschiedenen Erica-Arten tritt besonders in feuchten, warmen Wintern häufig in den Gewächshäusern eine verheerende Krankheit auf, welche A. Braun*) und de Bary näher untersucht und mit dem Namen Bräune bezeichnet haben. Als Ursache fanden sie einen Pilz, Stemphylium ericoctonum, dessen spinnwebeartig sich verzweigendes Mycelium die Pflanzen gänzlich überzieht, wodurch dieselben in ihrer Entwicklung gehemmt, die Blätter fleckig werden, abfallen und so das Absterben oder die Verunstaltung des Gewächses eingeleitet wird. An den noch jungen, farblosen Mycelfäden entstehen senkrechte Ausstülpungen, welche an ihrer Spitze ein- bis zweizellige, längliche Conidien abschnüren; später wird das Mycel gelbbräunlich und erhält hie und da Scheidewände.

Es findet nun die Bildung der Stemphyliumfrüchte in der Weise statt, dass seitliche Aeste mit farblosem Inhalt an der Spitze kuglig anschwellen. Häufig entstehen mehrere solcher Anschwellungen hinter einander und alle werden von einem kurzen Stielchen getragen. Bald erfolgt eine Quertheilung durch horizontale Scheidewände, Fig. 42, a, jede so entstandene Tochterzelle theilt sich auf's Neue in horizontaler und senkrechter Richtung, so dass schliesslich ein unregelmässig

*) Dr. A. Braun. Ueber einige neue Krankh. d. Pfl. Mit Beitr. von Dr. Caspary u. Dr. de Bary. Berlin 1854.

zusammengesetzter, nach allen drei Raumdimensionen sich erstreckender Zellenkörper entsteht, Fig. 42, b, von länglicher, ovaler Gestalt, dessen einzelne Zellen von einer gemeinsamen Membran umgeben sind. Die Farbe wird hierauf rasch braun, der Inhalt undurchsichtig und die sich vergrössernden Tochterzellen verursachen an verschiedenen Stellen der Aussenwand wellige Einbuchtungen. Nach erfolgter Reife fallen diese zusammengesetzten Sporen leicht ab und jede Zelle derselben ist fähig, bei Gegenwart von Feuchtigkeit einen Keimschlauch zu entwickeln. Der weitere Generationswechsel des Pilzes ist noch unbekannt; doch scheint auch hier die conidientragende Form wie bei so vielen andern Pyrenomyceten lange Zeit im Stande zu sein, als solche sich fortzupflanzen.

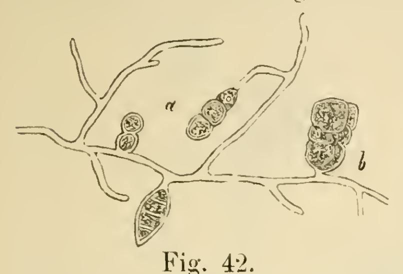


Fig. 42.
Stemphylium ericoctonum; Bildung der Sporenkörper, a unreife, b reife Sporen. (nach A. Braun und de Bary.)

Eine weit verbreitete Erscheinung, welche ebenfalls durch die Conidienformen verschiedener Kernpilze veranlasst wird, hat den gemeinsamen Namen „Russthau“ erhalten. Man bemerkt nämlich häufig auf Blättern und Zweigen der verschiedensten Pflanzen schwarze Ueberzüge, welche sich leicht als hautartige Kruste abziehen lassen. Sie rührt von dicht verworrenen Mycelfäden her, welche sich auf der Oberfläche der betreffenden Pflanzentheile verbreiten, zahlreiche aufrechte Aeste bilden und auf denselben sehr verschieden gestaltete Sporen abschnüren.

Die Mycelfäden sind anfangs zart und dünn, mit zunehmendem Alter bräunen sie sich immer mehr und durch ihre äusserst reichliche Verzweigung, sowie durch die Masse der abfallenden Sporen entsteht endlich jene schwarze Haut. Gewöhnlich kommt der Russthau an solchen Pflanzen vor, welche gleichzeitig von Blattläusen bewohnt werden, deren klebrige Secretionsflüssigkeit die Keimung und Entwicklung dieser Pilze ungemein befördert.

Hierher gehört die gestaltenreiche frühere Hyphomycetengattung Cladosporium, welche man so häufig auf den ver-

schiedensten lebenden und abgestorbenen Pflanzentheilen antrifft, wo sich ihre derben, septirten, an der Spitze oft knorrig verästelten braunen Fruchthyphen entwickeln, an welchen Ketten ovaler, einfacher oder ein- bis vielmal septirter Sporen abgeschnürt werden. Die gemeinsten sind Cladosporium her-

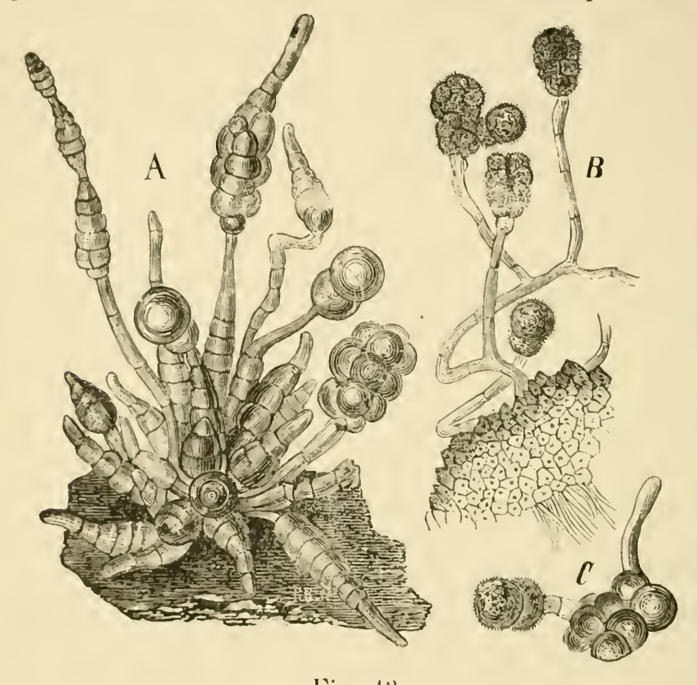


Fig. 43.
Pleospora herbarum; A die verschiedenen Formen der Sporen zeigend; B dieselben im directen Zusammenhang mit der Wand des Peritheciums; C Keimung einer Spore nach Aussaat im Wasser. (nach Tulasne.)

barum Lk. (Pleospora herbarum Tul.) Fig. 43, und Cladosporium Fumago; letzteres ist die Ursache des schwarzen Brandes beim Hopfen. So wird auch unter unseren Culturpflanzen bei der Runkelrübe, welche übrigens verschiedenen Erkrankungen durch Pilze an Blättern und Wurzeln ausgesetzt ist, eine der verderblichsten, die sog. Herzfäule, durch ein Sporidesmium putrefaciens hervorgerufen, welches die Blätter im September mit einem russthauähnlichen schwarzen Ueberzug vollständig bedeckt.

Mutterkorn.

Wie bei den meisten der bisher betrachteten Pflanzenkrankheiten, so blieb auch bei dem Mutterkorn die Entstehung und die Natur desselben lange Zeit ein unerklärtes Räthsel; die einen glaubten, dasselbe bilde sich als eine Art von Auswuchs durch den Stich von Insecten, andere hielten es, trotz seiner völlig abweichenden Structur, für den durch abnorme Lebensverhältnisse eigenthümlich umgestalteten Fruchtknoten der Gramineen; ferner liess man es durch einen besonderen Gährungsprocess entstehen und noch andere, wie De Candolle schon im Jahre 1815, erklärten es für einen parasitischen Pilz und reihten es in die Abtheilung der Sclerotien ein. Alle diese so abweichenden Meinungen wurden mit einem Male entschieden, als Tulasne*) und Kühn**) ihre ausgezeichneten Untersuchungen über das Mutterkorn veröffentlichten und die Pilznatur desselben unzweifelhaft nachwiesen.

Das Mutterkorn, Claviceps purpurea, beginnt seine Entwicklung schon sehr früh als conidientragende Form, welche mit dem Namen Sphacelia bezeichnet wird. In den Blüthen der verschiedensten Gräser, besonders des Roggens, findet man zuerst an der Basis der jugendlichen Fruchtknoten ein dichtes Geflecht von zarten, farblosen Hyphen, welche anfangs nur oberflächlich auftreten, bald aber tiefer ins Zellengewebe eindringen und schliesslich den ganzen Fruchtknoten mehr oder weniger vollständig überziehen. Derselbe verschrumpft in Folge dessen, er wird von dem sich immer mehr anhäufenden Myceliumfilz in die Höhe oder zur Seite geschoben, während das Fadengeflecht sich nun bald zu einer schwammigen, weichen, innen und aussen weissen Masse vereinigt, äusserlich die Gestalt des Fruchtknotens annehmend, mit einer Menge von buchtigen Falten und Höhlungen versehen, Fig. 44 A und B, c.

Die sämmtlichen Höhlungen sind mit länglichen, gleichmässig gestellten, cylindrischen Sterigmen ausgekleidet, welche

*) Tulasne, Annal. des scienc. natur. T. XX. p. 5. Mémoire sur l'Ergot des Glumacées.

**) Kühn, die Krankh. d. Cultur-Gewächse. Berlin 1858.

eine dichte Hymenialschichte bilden und sowohl im Innern als an der Aussenwand der so entstandenen Sphacelia äusserst zahlreiche, ovale, mit zwei Kernchen versehene Conidien abgliedern, Fig. 44, C. Dabei quillt zugleich zwischen den Spelzen der befallenen Blüthen eine klebrige, milchweisse Flüssigkeit von eigenthümlichem Geruch, der sog. Honigthau, hervor, welcher dicht mit diesen Conidien angefüllt ist. Dieselben treiben leicht einen oder zwei Keimschläuche, an deren Spitze wieder secundäre Conidien entstehen können, Fig. 44, D; sie dienen als Propagationsorgane und bringen, auf andere noch gesunde Grasblüthen gelangt, neue Sphacelia hervor, wobei zu ihrer Verbreitung besonders Insecten mitwirken mögen.

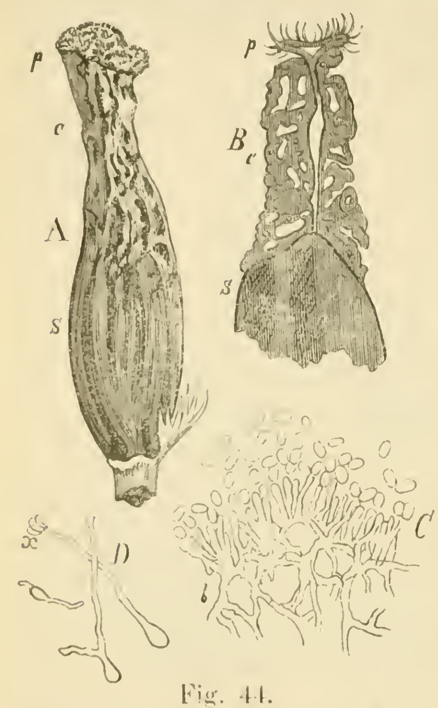


Fig. 44.

Claviceps purpurea. A ein Sclerotium s, welches die Sphacelia c trägt; p Gipfel des abgestorbenen Fruchtknotens; B Durchschnitt von A; C die Sphacelia; b die conidienabschnürenden Zweige derselben. (nach Tulasne) D keimende Conidien, bei x secundäre bildend. (nach Kühn.)

Wenn die Sphacelia ihre völlige Entwicklung erreicht hat, verdicken sich ihre am Blüthenboden befindlichen Hyphen, im Innern derselben sammeln sich reichliche Oeltropfen und sie vereinigen sich schliesslich zu einem länglichen, gleichmässig festen Gebilde, welches das Anfangsstadium des eigentlichen Mutterkorns, das Sclerotium, darstellt, Fig. 44, A und B, s. Nach Hallier sollen sich innerhalb der Sphacelia in den Hohlräumen die Conidien massenhaft ansammeln, dicke septirte Keimschläuche treiben und letztere dann durch Verflechten und Ineinanderwachsen die Bildung des Sclerotiums einleiten. Die Oberfläche desselben färbt sich bald violett, sie

wird zur Rinde und der ganze Körper wächst durch Dickenzunahme und Längsdehnung zu der bekannten, hornartig gebogenen Gestalt heran.

Sowie die Bildung des Sclerotiums begonnen hat, fängt die Sphacelia an abzusterben; sie wird theilweise zerrissen, verschrumpft und das Sclerotium hebt ihren oberen Theil kappenförmig in die Höhe, so dass an der Spitze des reifen Mutterkorns oft noch die Reste desselben zu erkennen sind. Die Sclerotien besitzen je nach der Grasart, auf welcher sie entstanden sind, eine verschiedene Gestalt; dieselbe richtet sich meist so ziemlich nach derjenigen des betreffenden Samenkorns. Zuweilen, wenn die Sphacelia sich sehr spät in der Blüthe angesiedelt hatte, kommt neben dem Mutterkorn eine normale Caryopse zur Ausbildung. Auch kann der Fall eintreten, dass ein Korn gleichzeitig von der Sphacelia und vom Steinbrand, Tilletia Caries, befallen wird; beide Schmarotzer werden dann in ihrer normalen Entwicklung gehemmt und das etwa noch entstehende Mutterkorn ist kümmerlich und verkrüppelt.

Die Sclerotien haben nach ihrer Reife eine ziemlich lange Ruheperiode nothwendig. Diejenigen des Roggens und der ihm zunächst verwandten Gräser beginnen im künftigen Frühjahre, wenn sie die günstigen Bedingungen, besonders den nöthigen Grad von Wärme und anhaltende Feuchtigkeit vorfinden, ihre Weiterentwicklung in der Weise, dass sich an verschiedenen unter der Rinde gelegenen Theilen ihres Gewebes eine bestimmte Anzahl von Hyphen in Gestalt eines conischen Bündels ansammelt; dasselbe wächst gegen die Peripherie, sprengt die gefärbte äussere Rinde und tritt als dicker, abgestumpft cylindrischer, mehr oder weniger sich verlängernder Stiel hervor. Der obere Theil desselben schwillt kuglig an und der ganze, anfangs gelbliche Körper färbt sich purpur-violet; besonders das Köpfchen bekommt eine dunklere Farbe und dasselbe verhält sich nun weiter als Fruchtlager, Fig. 45 A.

In seinem Innern entstehen die Anlagen zahlreicher, flaschenförmiger, nach oben zugespitzter Perithecien mit enger Mündung, um welche rings herum das Gewebe nach aussen vorgetrieben wird, Fig. 45, B. Die Köpfchen erhalten so eine

unregelmässige, kleinwarzige, mit zahlreichen Punkten, den Oeffnungen der Perithecien, versehene Oberfläche.

Innerhalb der Perithecien entstehen nun zahlreiche Sporenschläuche, Fig. 45, C, welche sechs bis acht dünne, fadenförmige Sporen erzeugen, Fig. 45, D. Dieselben werden durch Auflösung der Ascusmembran frei und dann langsam zur Mündung des Peritheciums herausgeschoben.

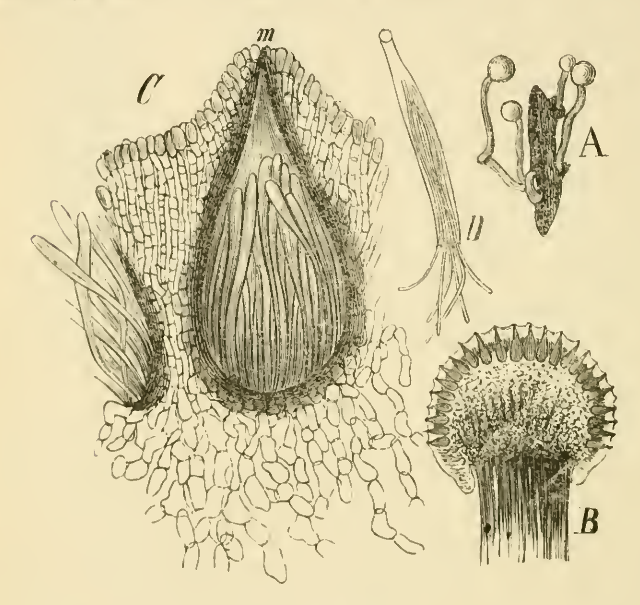


Fig. 45.
Claviceps purpurea; A ein Sclerotium mit Fruchtkeulen; B Köpfchen eines Fruchtkörpers im Längsschnitt; C einzelnes Perithecium stark vergrössert, im Innern die Asci, m die Mündung; D einzelner Ascus, die Sporen entleerend (nach Tulasne).

Der auf diese Weise aus dem Mutterkorn entstandene Pilz wurde von Tulasne Claviceps purpurea genannt. Es können aus einem Sclerotium verschieden viele Perithecienträger hervorkommen, sogar auch aus Bruchstücken entwickeln sie sich; häufig aber werden die ganzen Culturen durch fremde, sich ansiedelnde Schimmelpilze zerstört. Der Inhalt des Mutterkorns wird zur Bildung der beschriebenen Fruchtkeulen vollständig verbraucht, der Zusammenhang der einzelnen Zellen lockert sich, der ölreiche Inhalt derselben

verschwindet, die Membranen werden aufgelöst und der ganze Körper schrumpft zuletzt zu einer unscheinbaren Masse zusammen, Die cylindrischen Ascosporen entwickeln bei Gegenwart von Feuchtigkeit an verschiedenen Stellen Anschwellungen und treiben dann an mehreren Punkten Keimschläuche. Gelangen sie in die Blüthen des Roggens, so bringen sie, wie Kühn gefunden hat, wieder die Sphacelia hervor. Es gelang demselben, aus den Ascosporen auf Getreideblüthen Mutterkorn zu erziehen, und ebenso erhielt er aus den Conidien einer durch Aussaat von Ascosporen erzeugten Sphacelia auf einer andern Blüthe wieder Sphacelia und dann Sclerotien. Es ist also die Entwicklungsgeschichte des Mutterkorns, dessen höchste Form Claviceps purpurea ist, vollständig in ihrem ganzen Verlauf festgestellt; merkwürdig bleibt es aber, dass man bei diesem ganzen Generationswechsel nicht, wie bei andern eben so gut gekannten Ascomyceten, eine geschlechtliche Befruchtung aufgefunden hat. Ein Mutterkorn, welches zwanzig Fruchtkeulen hervorbringt, erzeugt nach Kühn etwa über eine Million Sporen. Dieselben werden leicht durch Wind, Insecten etc. fortgeführt. Es lässt sich daraus abnehmen, welche ungeheure Verbreitung diesem Pilz möglich ist, besonders wenn er durch feuchtes und warmes Wetter begünstigt wird.

Aus der Abtheilung der Basidiomyceten ist durch Woronin ein Pilz bekannt geworden, welcher das gesunde Gewebe lebender Pflanzen befällt und der Urheber einer intensiven Erkrankung desselben ist. Dieser Parasit heisst Exobasidium Vaccinii*) und er befällt die Blätter, Stengel und seltener auch die Blüthen unserer rothen Heidelbeere, Vaccinium Vitis idaea, welche durch ihn starke Anschwellungen und Verunstaltungen erfahren. Die Entartung des Gewebes erstreckt sich immer nur auf einzelne Parthieen der Pflanze; auf den Blättern erscheint sie als eine die Unterseite derselben bedeutend auftreibende weissliche, auf der Oberseite des Blattes oft carminroth gefärbte Wucherung des Parenchyms. Zwischen den Zellen des letzteren findet man ein sehr zartes, reich ver-

*) M. Woronin, Exobasidium Vaccinii. Aus den Bericht. d. naturforsch. Gesellsch. z. Freiburg. B. IV. H. 4. 1867.

zweigtes, septirtes Mycelium, welches oft kleine Seitenzweige bildet, an welchen rundliche Zellen abgeschnürt werden, deren weiteres Verhalten unbekannt ist. Unterhalb der Epidermis sammelt sich das Mycel in dicht verfilzter Masse zu einem Hymenium an, dessen Endzellen sehr zahlreiche, cylindrisch-keulenförmige Basidien bilden, welche die Epidermis durchbrechen. In den obern Theil dieser Basidien fliesst das Plasma über und die Spitze derselben erhält bald 4—5 kreisförmig gestellte Ausstülpungen, an welchen ganz analog den übrigen Basidiomyceten spindelförmige, an beiden Enden zugespitzte Sporen entstehen, welche sich nach dem Abfallen in 3—5 Zellen theilen und die erkrankte Stelle zahlreich als weissstaubiger Ueberzug bedecken.

Im Wasser keimen die Sporen und zwar so, dass der Keimschlauch sich bald abschnürt als längliche Zelle, während aus der Spore dann neue solche Sprossungen hervorkommen, deren einzelne oft mit einander in Zusammenhang bleiben. Auf ganz jugendlichen Blättern der Nährpflanze dagegen treiben die Sporen Keimschläuche, welche sich durch die Epidermis oder die Spaltöffnungen einbohren, so dass bald wieder ein neues Mycelium gebildet wird.

Es bleibt noch übrig, auf die Untersuchungen Willkomms*) über verschiedene unsere Waldbäume heimsuchenden Krankheiten näher einzugehen. Auch dieser Forscher fand in vielen Fällen Schmarotzerpilze thätig und es gelang ihm, nachzuweisen, dass durch die rasche Vermehrung und Ausbreitung derselben die inficirten Pflanzentheile vernichtet werden.

Besondere Aufmerksamkeit verwendete Willkomm auf die Erforschung der sog. rothen und weissen Fäule, welche als eine der verderblichsten Krankheiten unserer Waldbäume bei den verschiedensten Laub- und Nadelhölzern sich einzufinden pflegt. Wie alle im Vorhergehenden beschriebenen Pflanzenkrankheiten, so suchte man auch diese auf alle mög-

*) M. Willkomm. Die mikroskopischen Feinde des Waldes. Dresden 1866.

liche Weise zu erklären: es wurde angenommen, dass sie durch zu nassen Standort, durch fehlerhafte Zusammensetzung des Bodens, durch zu grosses Alter der Bäume hervorgerufen werde; nur Hartig nahm das Mikroskop zu Hülfe und fand bei Untersuchung der kranken Holztheile ein aus dicht verfilzten Fäden bestehendes Pilzgewebe, welches er Nachtfaser, Nyctomyces, nannte und welches nach seiner Ansicht durch Generatio spontanea aus den Zellen und deren Inhalt entstehen sollte.

Die Erscheinung der Fäule zeigt sich bei den befallenen Bäumen zuerst an der Wurzelspitze; von hier aus verbreitet sie sich weiter hinauf in den Stamm. Man findet dann auf dem Querschnitt inmitten des noch gesunden Gewebes bräunliche Flecken, welche an einzelnen Stellen immer zahlreicher und breiter werden, so dass sie sich schliesslich ringförmig vereinigen. Das Holz ist an solchen Stellen mürbe, feucht, es löst sich in Fasern auf unter Bildung von jaucheartiger Flüssigkeit, schliesslich bei zunehmender Ausbreitung der Krankheit wird das Innere des Baumes vollständig ausgehöhlt und die Höhle füllt sich mit einem reichlichen Pulver von roth- oder dunkelbrauner Farbe. Von aussen betrachtet sehen solche Bäume ganz gesund aus und erst, wenn sie vom Winde umgeworfen worden sind, bemerkt man die Zerstörung ihres Holzkörpers.

Das kranke Holz von Fichten, Eichen, Tannen etc. fand nun Willkomm dicht durchzogen mit vielfach verzweigten, farblosen, später gebräunten, ungegliederten Mycelfäden, welche zwischen den einzelnen Zellen verliefen und auch ins Innere derselben theils durch die Tüpfel eindrangen, theils dadurch, dass sie die Zellenwand direct durchbrachen, wobei es häufig vorkam, dass sie den Rand des gebildeten, unregelmässigen Loches vollständig umstrickten, durch fortwährendes Wachsthum immer mehr vergrösserten und so schliesslich einen grossen Theil der Zellwand gleichsam fressend zerstörten. Besonders die Markstrahlzellen fielen am ersten der Vernichtung durch diesen Pilz anheim, welchem Willkomm den Namen Xenodochus ligniperda ertheilte. Oft zeigten die Mycelfäden desselben eine undeutliche Gliederung und hatten

das Ansehen, als ob sie aus lauter kleinen, aneinandergereihten Bläschen bestünden.

Willkomm fand zahlreiche Hyphen vor, welche eine Reihe von doppelt contourirten, anfangs farblosen, später braunen und undurchsichtigen, kugligen oder ellipsoidischen, häufig mit einer Papille versehenen Sporangien theils endständig, theils interstitiell abschnürten, Fig. 46, A.

Diese Sporangien keimten bisweilen direct; sie trieben dann Schläuche, welche zwischen den Zellen des Holzes weiter wuchsen, die Tüpfel durchbrachen, überhaupt sich verhielten wie das oben beschriebene Mycelium; bei den meisten aber hat Willkomm eine ganz eigenthümliche Weiterentwicklung beobachtet. In der durch die Zersetzung des Holzes gebildeten Jauche nämlich quoll die innere Membran stark gallertartig auf, so dass schliesslich die äussere derbe Wand gesprengt wurde und der ganze Inhalt in Form einer rundlichen, gelb oder grünlich gefärbten, flachen Scheibe heraustrat, Fig. 46, B; sie war mit einem breiten, farblosen Hofe, der in Gallerte verwandelten Innenhaut, versehen. Die Scheibe bestand aus zahlreichen, ebenfalls mit farblosem Schleim umgebenen Tochterzellen, welche bald frei hervorschlüpften und dann im Innern 1—3 lebhaft sich bewegende, äusserst kleine Körperchen erkennen liessen, Fig. 46, C. Letztere bezeichnet Willkomm als „Schwärmsporen"; auch sie sollen sich schliesslich durch Sprengen der Gallertmembran der Tochterzellen isoliren und theils rotirend, theils stossweise geradlinig sich bewegend, umherschwärmen, Fig. 46, D. Willkomm lässt es dahingestellt, ob diese Körper wirkliche Wimpern besitzen oder ob sie sich blos amöbenartig durch Aus- und Einstülpen von Pseudopodien aus ihrem contractilen Plasmainhalt fortbewegen.

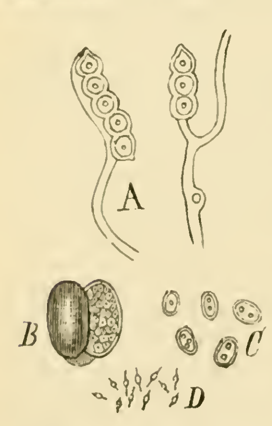


Fig. 46.
Xenodochus ligniperda; A Sporangienreihen; B gesprengtes Sporangium, stärker vergrössert, den Inhalt entleerend, welcher sich in zahlreiche Tochterzellen getheilt hat; C isolirte Tochterzellen; D aus letzteren ausgeschlüpfte Schwärmsporen. (nach Willkomm.)

Noch merkwürdiger und abnormer als ihre Entstehung gestaltet sich aber das weitere Verhalten dieser Schwärmsporen. Sobald sie nämlich zur Ruhe gekommen sind, sollen sie sich mit einer Schleimhülle umgeben, darauf in grosser Anzahl unter Verschmelzung dieser Hüllen zu langen, zarten, oft verzweigten und am Ende keuligen Fäden aneinanderreihen, worauf dann die nach Innen gedrängten Schwärmsporen allmählich verschwinden und endlich sich immer mehr verdickende hohle Schläuche entstehen mit doppelten Contouren, im Ansehen denjenigen ähnlich, aus welchen Hartig's weisse Nachtfaser zusammengesetzt ist, Fig. 47, A. Diese Nachtfaser, welche also durch Aneinanderreihung der Schwärmsporen von Xenodochus entstehen soll, durchzieht in Gestalt hautartiger Massen den Holzkörper.

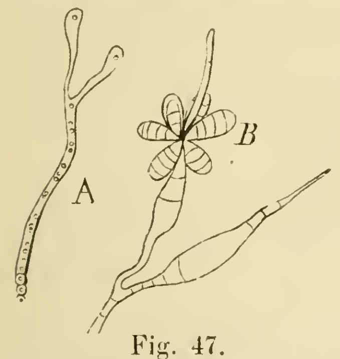


Fig. 47.
Rhynchomyces violaceus; A An der Spitze angeschwollener Mycelfaden, aus welchem nach Willkomm Rhynchomyces hervorgeht; B Fruchthyphe des letzteren mit Sporen (nach Willkomm.)

Mit der beschriebenen Entwicklung schliesst jedoch der Formenreichthum des Xenodochus noch nicht ab, vielmehr steht dieser Pilz, Willkomms Untersuchungen zufolge, im Generationswechsel mit einem andern, welcher sehr characteristisch gebaut ist und ebenfalls ein ganz besonderes Verhalten seiner Fortpflanzungsorgane zeigt. Die Entstehung desselben findet in der Weise statt, dass die Schläuche des Xenodochus Scheidewände bekommen, eine bläulichgrüne, zuletzt dunkelblaue oder violette Farbe annehmen und septirte Zweige bilden, welche dem Stammfaden mit stielartig verschmälerter Basis aufsitzen, während sie in der Mitte kolbig angeschwollen sind und nach oben zu in eine dünne Spitze verlaufen. Sie erhalten dadurch das Ansehen eines Storchschnabels und an ihrem oberen spitzen Theil bilden sie eine Anzahl traubenartig oder in Wirteln gruppirter länglich ovaler 3- bis 4-fächeriger Sporangien, Fig. 47, B, welche in jedem Fach eine kleine Spore nach Willkomm enthalten, deren Austreten, wie er an-

gibt, durch Oeffnen des Scheitels am Sporangium bewerkstelligt wird. Diesen Pilz nennt Willkomm Rhynchomyces violaceus; in den Zellen seines Myceliums befinden sich reihenweise geordnete Körper von lichtblauer Farbe. Die Sporen des Rhynchomyces entwickeln bei ihrer Keimung ein reich sich verzweigendes Mycelium, welches seinem ganzen Ansehn und seinem weiteren Verhalten zu Folge als dasjenige des Xenodochus sich zu erkennen gibt, so dass also damit der Uebergang der beiden Pilze in einander nachgewiesen wäre. Bisweilen sollen übrigens die Xenodochus-Sporangien gleich durch directe Keimung ein Mycelium hervorbringen.

Jedenfalls ist der Entwicklungsgang dieser interessanten Pilze durch die mitgetheilten Untersuchungen Willkomm's noch nicht genügend klar dargethan, namentlich die Angabe über das sonderbare, einzig dastehende Verhalten der sog. Schwärmsporen bedarf noch sehr der Bestätigung; auch ist noch der Nachweis des Zusammenhangs der beiden Pilze mit einer höheren Fruchtform zu liefern, um ihnen einen sicheren Platz im System anweisen zu können.

Der Rothfäule unterliegen übrigens im hohen Alter alle unsere Waldbäume; sie ist eine Folge allmählich aufhörender Lebensthätigkeit der Holzzellen und sie wird von Pilzen begleitet, welche als secundäre Beförderer der Zersetzung, als Saprophyten, sich einfinden.

Willkomm hat ferner nähere Beobachtungen über den Einfluss von Pilzen bei Entstehung des Lärchenkrebses, der Fichtennadelkrankheit und des sog. schwarzen Brandes der Rothbuchentriebe angestellt.

Bei letzterem, wo die befallenen Stellen ein kohlschwarzes Ansehen bekommen, fand sich ein reiches, Holz und Rinde durchziehendes Mycelium, welches unregelmässige, reich septirte Schläuche bildete, die oft ganz kurz wurden und nur lose zusammenhiengen. Nach oben durchbrachen Theile dieses Myceliums die Oberhaut und an ihrer Spitze entstanden lange, septirte, etwas gekrümmte Sporen, welche nach dem Abfallen den schwarzen Theilen der Zweige in dichten Rasen als schneeweisse Flocken auflagen, Fig. 48, s. Dieser Pilz ist Fusidium candidum Lk, die Conidienform eines noch unbekannten Pyrenomyceten. Willkomm betrachtet die Libertella

faginea, welche ebenfalls auf den Buchenzweigen, Höckerchen bildend, sich einfindet, als die Spermogoniumform des Fusidium. Die Libertella schnürt in krugförmigen Behältern auf Basidien zahlreiche stabförmige Stylosporen ab, welche schliesslich als Schleimranken aus der Mündung ausgestossen werden.

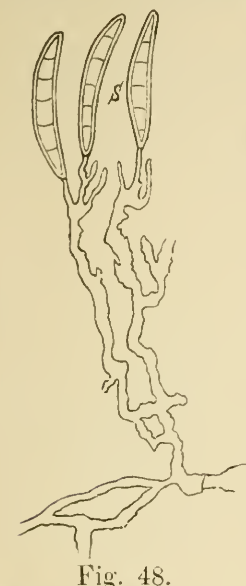


Fig. 48.
Fusidium candidum Lk. fructificirend. s die Sporen. (nach Willkomm.)

Bei dem Auftreten des Lärchenkrebses bemerkt man an der Rinde des Baumes (Pinus Larix) krankhafte Verdickungen, welche schliesslich aufbrechen und krebsartige Pusteln bilden, begleitet von reichlichem, abnormem Harzerguss. Bei weiterem Umsichgreifen ist das Verwelken der Nadeln und das Absterben der Zweige oder des ganzen Baumes die Folge dieser Krankheit. An solchen leidenden Stellen erscheinen kleine, weissliche Körper mit filziger Oberfläche, welche sich vergrössern, an der Basis stielartig bleiben und sich nach oben schüsselförmig ausbreiten. Die obere Fläche bekommt zuletzt eine lebhaft orangerothe Farbe; an ihr entsteht ein Hymenium mit zahlreichen Paraphysen und Ascis. Der Pilz ist nach Willkomm ein Discomycet, Corticium amorphum, dessen reich verzweigtes Mycelium in dem erkrankten Rinden- und Bastgewebe sich angesiedelt hat. Dem Corticium geht ein Spermatien abschnürendes Spermogonium voraus, welches Willkomm als die erste Ursache des Krebses bezeichnet. Auch soll nach ihm aus den Keimschläuchen der Sporen von Corticium ein Penicillium-ähnlicher Schimmel hervorgehen.

Was endlich den Fichtennadelrost betrifft, so wird derselbe durch Chrysomyxa Abietis Ung. verursacht, einer im Frühjahre auf der Unterseite der Blätter in Gestalt orangerother Pusteln erscheinenden Uredinee, welche besonders auch von Reess*) specieller untersucht wurde. Sie besitzt ein reich

*) Dr. Max Reess. Die Rostpilzformen der deutschen Coniferen. Halle 1869.

verzweigtes, septirtes Mycelium, welches zahlreiche goldgelbe Körner enthält, die Zellen des Blattparenchyms umwuchert, auch Haustorien in dieselben sendet und deren Chlorophyllinhalt krankhaft degenerirt. Willkomm hat gefunden, dass bei dieser Zerstörung abnorm viel Stärkemehl gebildet wird. Das Mycel sammelt sich unter der Oberhaut zu einem dichten Stroma an, von welchem aus sich zahlreiche, unregelmässig gegliederte. keulenförmige Zweige erheben. Es sind dies Teleutosporen, welche sich insofern anders als die gewöhnlichen verhalten, als Stiel- und Sporenzellen nicht deutlich von einander zu unterscheiden sind. Sie durchbrechen die Epidermis und ihre Keimung findet in feuchter Luft sehr leicht statt, indem die obersten Zellen unter Ueberfliessen ihres goldgelben Plasmas ein viermal getheiltes Promycelium und an diesem vier runde Sporidien entwickeln. Diese letzteren keimen leicht, sie dringen jedoch nur durch die Epidermis von g a n z j u g e n d l i c h e n Fichtennadeln, um hier bald ein neues Mycelium hervorzubringen. Von Chrysomyxa ist weder Aecidium noch Uredo bekannt; dieser Pilz ist eine isolirte Teleutosporenform, wie Puccinia Dianthi.

Nach Willkomm sollen nun, sowohl aus den Sporen als aus den Zellen des Myceliums aller von ihm untersuchten Pilze, die kleinen Kerne, welche im Innern enthalten sind, ausschlüpfen und wie Schwärmsporen eine eigenthümliche, selbstständige Bewegung besitzen. Innerhalb dieser Schwärmsporen, von Willkomm als „Micrococcus" bezeichnet, sollen neue Kerne entstehen, ebenfalls frei werden und indem sich dies mehrmals wiederholt, wäre dann ihre Vermehrung eine ausserordentlich grosse. Die Kerne leiten nach ihm Fäulnissprocesse und Umwandlungen des Zellinhaltes der betreffenden Pflanzentheile ein. So soll auch in den untersten Zellen der Teleutosporen von Chrysomyxa das Plasma sich kuglig zusammenballen, durch Bersten der Membranen frei werden, sich dann selbstständig, oft von Schleim umhüllt, bewegen, während aus den grösseren Kernen kleinere ausschlüpfen. Reess behauptet, dass die Schwärmer Willkomm's wenigstens bei Chrysomyxa nichts sind als die aus den vorletzten Zellen ausgetretenen Oeltropfen, welche nach Behandlung mit Aether sich leicht auflösen lassen und dann vollständig verschwinden.

Im Uebrigen steht der „Micrococcus“ Willkomm's im Zusammenhang mit Hallier's und Karsten's später zu erwähnenden Ansichten; nach dem übereinstimmenden Urtheil aller der Forscher aber, welche einen den Resultaten dieser Untersuchungen entgegengesetzten Standpunkt einnehmen, scheint es, dass bei Beobachtung des genannten räthselhaften Gebildes eine Täuschung unterlief und dass dasselbe nichts anderes ist, als der aus mechanisch zerrissenen Zellen ausgetretene granulirte und nicht weiter entwicklungsfähige Inhalt.

Wenn wir schliesslich noch einmal alle die zahlreichen im Vorhergehenden beschriebenen Pflanzenepidemien überblicken, dann erkennen wir die hohe Wichtigkeit einer genauen Bekanntschaft mit dem Entwicklungsgang der Pilze, dieser verderblichen, überall vorhandenen Vampyre der organischen Geschöpfe. Abgesehen von der Summe aller auf wilden Pflanzen wuchernden giebt es unter unseren cultivirten Gewächsen nur wenige, welche nicht einen oder mehrere derselben beherbergen. Ueberaus mannigfach sind die Formen der durch die Pilze veranlassten Krankheiten und der aus ihrer Wucherung resultirenden Zerstörungen der Nährwirthe. Bald beschränkt sich das Verderben nur auf wenige Zellen der letzteren, wie bei den im Folgenden zu beschreibenden Chytridieen, bald wird ein grösserer Theil des Gewebes afficirt wie bei den Rostpilzen, ohne dass aber das Mycelium der Pilze besonders weit sich verbreitet; endlich im schlimmsten Falle dringt der Parasit immer weiter von Zelle zu Zelle und die ganze ergriffene Pflanze geht schliesslich zu Grunde. Ueberall ist die Desorganisation der Zellen eine unmittelbare Folge der Mycelwucherung.

Mit der Kenntniss der so gestaltenreichen Entwicklungsgeschichte der Schmarotzerpilze ist uns auch die Möglichkeit gegeben, ihrer Verbreitung so viel als möglich Einhalt zu thun; die vollständige Fernhaltung des Berberitzenstrauches von den Getreidefeldern wird z. B. das Auftreten des Rostes verhindern, ferner ist nasser Boden oder dichtes Beieinanderstehen der Nährpflanzen stets eine Begünstigung für das Ueberhandnehmen dieser Schmarotzer. Aber auch die Natur ver-

hindert ihre allzu massenhafte Vermehrung. Nur in feuchten Jahrgängen werden die Krankheiten bedeutende Dimensionen annehmen können, wenn die Keimung der Sporen durch die fortwährende Gegenwart von Wasser leicht stattfinden kann, in trockenen Sommern gehen grosse Mengen unentwickelt zu Grunde. Ebenso werden durch die Winde, durch Insecten etc. zahlreiche Sporen zwar an die für sie günstigen Orte geführt, ebenso zahlreiche aber dahin, wo sie nicht ihre richtige Nährpflanze finden und ihre weitere Ausbildung daher unterbleiben muss.

Hauptsächlich durch die Betheiligung der Insecten mag es veranlasst werden, dass Epidemien oft an örtlich weit von einander getrennten Localitäten zum Vorschein kommen. Dass diese Thiere die Verschleppung der an ihrem Körper hängen gebliebenen Sporen in hervorragender Weise zu vermitteln im Stande sind, zeigen z. B. die eigenthümlichen Vorgänge, durch welche die Befruchtung bei zahlreichen Pflanzen bewerkstelligt wird. Auch hier sind es allein die Insecten, welche den Pollen von Blüthe zu Blüthe übertragen.

Die gefährlichsten Pflanzenkrankheiten, wie die Kartoffelkrankheit, waren aber, ähnlich wie die Infectionskrankheiten der Menschen und Thiere, immer nur einige Jahre besonders verderblich, nachher nahmen sie wieder bedentend ab und es zeigt sich so, wie in der Natur überall das gestörte Gleichgewicht, die zu grosse Vermehrung der Pilze sowohl als die ihrer Nährpflanzen, nach einiger Zeit immer wieder in richtige Verhältnisse gebracht wird.

Chytridiei.

Die Chytridieen bilden eine Familie, deren nähere Kenntniss noch ziemlich neu ist und deren erstes Auffinden wir Prof. A. Braun zu verdanken haben. Sie schmarotzen innerhalb der Zellen von Algen, von Saprolegnieen, von Charen und im Gewebe vieler Dicotyledonen; ihre Entwicklung ist eine in vielen Stücken von derjenigen der übrigen Pilze abweichende und den Algen sich nähernde. Sie besitzen entweder gar kein Mycelium oder nur Andeutungen eines solchen und pflanzen sich durch kleine Schwärm- und Dauersporen fort.

Die Chytridieen zerfallen in drei Gattungen: in Chytridium, welches sich durch ungetheilte Sporangien auszeichnet; in Rhizidium, dessen Sporangium eine besondere Seitenzelle bildet und in Synchytrium mit vielfach getheiltem Sporangium. Eine geschlechtliche Befruchtung ist bei keiner Art bekannt und die Bewegung der Schwärmsporen ist bei allen eine ganz eigenthümliche, blitzartig-convulsivische; dieselben fahren ruckweise auf der Oberfläche des Pflanzentheils umher, halten dann plötzlich an, bewegen sich wieder weiter und dies Spiel dauert so einige Zeit, bis sie sich endlich in Gestalt eines sehr feinen Schlauches in die Nährzelle einbohren. Dabei zeigen diese Schwärmsporen, welche anfangs membranlose, mit Cilien versehene Protoplasmakörper sind, eine ganz besondere Contractilität und Formwandlung. Von der runden Gestalt gehen sie über zur ovalen, länglichen, drei- bis sechseckigen etc., Erscheinungen, welche auch anderwärts häufig vorkommen, und eine besondere Eigenthümlichkeit, eine Lebenserscheinung des Protoplasmas bilden.

Repräsentanten der Gattung Chytridium wurden von Braun*) auf Infusorien, auf den verschiedensten Algen, sogar auf Pollenkörnern von Pinus, welche ins Wasser gefallen waren, gefunden. Man erkennt deutlich, dass sie während des Wachsthums den Plasmainhalt ihres Nährorganismus für sich verbrauchen; sie bewirken, wenn sie z. B. Algenfäden bewohnen, dass deren Zellen degenerirt und getödtet werden. Die Chytridiumarten bestehen im Allgemeinen aus einer blasenartigen Zelle, dem Keimbehälter oder Sporangium, in welchem die Schwärmsporen gebildet werden und welcher eine sehr verschiedene Gestalt besitzt: keulen-, flaschen- oder citronenförmig, bisweilen niedergedrückt oder mit hornartigen Ecken und Hervorragungen versehen. Dieser Keimbehälter entsteht theils im Innern der Nährzelle theils ausserhalb derselben. An seiner Spitze befindet sich entweder ein Deckel, welcher bei der Reife abfällt oder der Deckel fehlt und die Mündung, deren auch mehrere vorhanden sein können, ist in eine Röhre vorgezogen, welche, wenn das Chytridium sich innerhalb der Nährpflanze angesiedelt hat, die Epidermis durchbricht und an die Oberfläche hervortritt. Dem Keimbehälter fehlt entweder die Wurzel oder sie ist vorhanden und stellt einen dicken oder sehr dünnen nadelförmigen Schlauch vor, der an seinem Ende bisweilen kugelförmig angeschwollen ist.

Die Chytridiumarten kommen meist gesellig vor und man sieht oft Reihen von ihnen an Algenfäden sitzen, deren Schwärmsporen bereits ausgeschlüpft sind und welche dann farblosen, häutigen Blasen ähnlich sehen; in diesem Zustand können sie sehr leicht mit andern Organen von Algen verwechselt werden, z. B. mit Antheridien, Zwerchmännchen etc. Die Schwärmsporen der Chytridien dringen theils durch schon vorhandene Oeffnungen in die Nährzelle, theils bohren sie sich in Gestalt eines feinen Schlauches durch die Membran, theils sitzen sie dem Wirthe nur von aussen auf.

Die grösste Art ist das Chytridium Olla, welches von

---

*) A. Braun. Ueber Chytridium, eine Gattung einzell. Schmarotzer-Gewächse auf Alg. u. Infus. A. d. Abhandl. der kgl. Akad. d. Wissensch. z Berlin. 1855.

Braun gesellig auf den Sporenmutterzellen von Oedogonium rivulare sitzend entdeckt wurde. Kny hat dasselbe in letzter Zeit einer neuen Untersuchung unterworfen, wobei er fand, dass der länglich ovale doppelwandige Keimbehälter desselben, Fig. 49 b, welcher ausserhalb der Oedogonium-Sporangiumzelle oder in dieselbe eingeschlossen sich befinden kann, von dem Wurzelfortsatz, Fig. 49 a, durch eine Querwand abgegliedert ist; die ganze Pflanze wäre also zweizellig und müsste dann zu Rhizidium gestellt werden. Das Ende der Wurzelzelle von Chytridium Olla liegt immer der Oospore des Oedogonium unmittelbar an; sie selbst bildet einen unregelmässig dicken Schlauch, Fig. 49 a, welcher sich an der Stelle, wo er die Wand des Wirthes durchbricht und in den Keimbehälter übergeht, bedeutend verschmälert. Der Keimbehälter besitzt an seiner Spitze eine hyaline, warzenartige Verdickung, Fig. 49 c; er ist ein Deckel, welcher bei der Reife mit scharfem Querriss abspringt, so dass eine enge Mündung zurückbleibt.

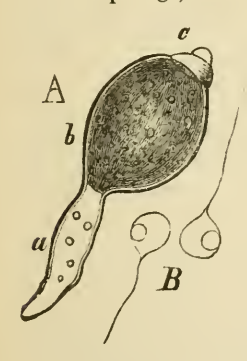


Fig. 94.
Chytridium Olla; A ein junges Individuum, a Wurzelzelle desselben, b Sporangium, c Deckel des letzteren; B ausgeschlüpfte Schwärmsporen.

Die Sporangiumzelle ist anfangs erfüllt mit trübem, vacuolenreichem Protoplasma und die Schwärmsporenbildung findet bald darauf in der Weise statt, dass das Plasma feinkörniger wird, es sammelt sich in zahlreiche Gruppen, welche sich immer mehr individualisiren und von einander abgrenzen. Durch den Druck der reifen Schwärmsporen wird der Deckel abgelöst, es tritt durch die Oeffnung zuerst eine farblose Gallertblase heraus und dann folgen die Schwärmsporen, anfangs langsam, die lange Cilie hinter sich herziehend. Die Schwärmsporen sind fast kuglig, im Innern mit einem excentrischen Kern versehen, Fig. 49 B; sie zeigen eine sehr schnelle, blitzartige Bewegung. Zu Hunderten setzen sie sich am Oogonium ihrer Nährpflanze fest; mit dem Flimmerfaden durchbohren sie die Membran derselben und senden dessen Ende gegen die Oospore. Der grösste Theil von diesen Schwärmsporen stirbt aber ab und von der Zahl der zur Entwicklung an einer

Nährzelle kommenden ist die Grösse der neu heranwachsenden jungen Pflänzchen abhängig. Flimmerfaden und Hauptkörper der Schwärmsporen schwellen nach erfolgter Durchbohrung der Zellwand bedeutend an, beide umgeben sich mit einer Membran und wachsen bald zu definitiver Grösse heran. Das Ende der Wurzelzelle bildet ein kleines, zartwandiges Haustorium.

Während sonst die Chytridien nur im Wasser leben, haben de Bary und Woronin ein Chytridium roseum als landbewohnend auf feuchter Erde in Blumentöpfen gefunden. Es war eine längliche Zelle mit kurzem, durch Gallerte verschlossenem Hals, das Plasma rosenroth und die Membran besetzt mit unzähligen Tüpfelchen. Die im Wasser gebildeten Zoosporen krochen nach rascher Bewegung amöbenartig auf dem Boden umher und trieben dann fadenförmige Schläuche, deren weitere Entwicklung nicht verfolgt wurde.

Die einzelnen Chytridiumarten leben entweder auf mehreren verschiedenen Nährpflanzen, oder sie wählen sich nur eine einzige ganz bestimmte zur Ansiedelung heraus.

Die Gattung Rhizidium stellt eine rundliche Zelle vor, welche eine verlängerte, fein verzweigte Wurzel besitzt; dieselbe kann als ein verkümmertes Mycelium angesehen werden. Es entsteht aus dem oberen Theil der Zelle eine seitliche, kugelförmige Aussackung, die Fruchtzelle, in welcher entweder zahlreiche Schwärmsporen oder eine runde braune, warzige Dauerspore sich bilden.

Schenk*) beobachtete eine Art, welche er Rhizidium intestinum nannte, innerhalb der Zellen von Nitella flexilis. Er sah, wie die Schwärmsporen dieses Rhizidiums sich an die Oberhaut der Nitella anlegten, durch dieselbe einen feinen, fadenartigen Fortsatz hindurchtrieben, wie dann der Inhalt der Schwärmspore in das Innere der Nährzelle überfloss und der Parasit sich dort verzweigte. In einem späteren Stadium bestand das Rhizidium aus zwei Zellen, deren kleinere die wurzelartigen Verzweigungen trug, Fig. 50 A, a, während die zweite weit grössere einen Fortsatz, Fig. 50 A c, entwickelte, welcher die Cellulose-

*) Dr, A Schenk. Ueber das Vorkommen contractiler Zellen im Pflanzenreiche. Würzburg 1858.

wand durchbohrte. Im Innern der grösseren Zelle entstehen nun die Schwärmsporen; das ganze Gebilde kommt innerhalb der befallenen Pflanze zur Entwicklung, nur der Hals ragt heraus. Die austretenden und auch noch die in der Sporangiumzelle befindlichen Schwärmsporen, Fig. 50, B u. C zeigen die schon beschriebene amöbenartige Bewegung; sie dehnen sich der Länge nach und seitlich, schieben Fortsätze aus, ziehen dieselben wieder ein etc. Diese Bewegung findet sowohl nach dem Ausschwärmen als vor beginnender Keimung statt; die Schwärmspore verändert dabei im ersten Fall nur wenig ihren Ort, bis sie oval wird und dann mit Blitzesschnelle forteilt.

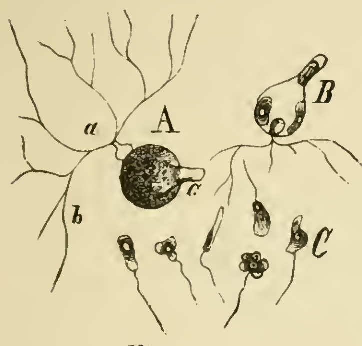


Fig. 50.

Rhizidium intestinum; A noch unreif, a Wurzelverzweigungen, b Sporangiumzelle, c Fortsatz derselben; B Schwärmsporen im Ausschlüpfen begriffen; C Schwärmsporen mit amöbenartiger Bewegung. (nach Schenk.)

Während also Rhizidium bereits zweizellig ist, besteht die Gattung Synchytrium aus sehr vielen Zellen und jede dieser Zellen stellt ein Sporangium vor, in welchem sehr zahlreiche Schwärmsporen gebildet werden. Die Synchytrien sind also gleichsam Complexe von Chytridien. Ausserdem besitzen die Synchytrien auch Dauersporen, welche zur Ueberwinterung bestimmt und mit einem derben, dunkeln, oft höckerigen Episporium und einem zarten farblosen Endosporium versehen sind.

Das erste Synchytrium wurde von de Bary*) und Woronin**) auf Taraxacum officinale schmarotzend gefunden und genau beschrieben. Auf verschiedenen andern Dicotyledonen wurde hierauf von diesen Forschern, von Fuckel und in neuester Zeit von Dr. Schröter***) in Breslau eine Anzahl neuer

*) A. de Bary u. M. Woronin. Beitr. zur Kenntn. d. Chytridieen. Ber. d. naturf. Gesellsch. z. Freiburg, B. III. H. II.

**) M. Woronin. Neuer Beitr. zur Kenntniss d. Chytrid. Bot. Ztg. Jahrg. XXVI.

***) Dr. Schröter. D. Pflanzenparas. aus d. Gatt. Synchytr. Beitr. zur Biologie d. Pfl. v. Dr. F. Cohn; Breslau 1870.

Arten entdeckt. Das Vorkommen dieser Parasiten ist gar nicht so selten; man darf wohl erwarten, dass mit der Zeit noch manche bisher unbekannte aufgefunden werden. Die Schwärmsporen der Synchytrien können nicht wie die Sporen vieler anderer Pilze vom Winde auf weite Strecken verbreitet werden, sie müssen vielmehr durch das Wasser, oft wohl auch durch Insecten von Pflanze zu Pflanze übertragen werden, und daher kommt es auch, dass oft eine dicht bei einander stehende Gruppe von Nährpflanzen über und über mit Synchytrien bedeckt ist, während eine andere weiter davon entfernte vollständig von ihnen verschont ist. Ihr schädlicher Einfluss auf den Wirth ist im Allgemeinen nicht sehr bedeutend; sie befallen immer nur einzelne Zellen desselben, welche dadurch sehr ausgedehnt werden. Die benachbarten Zellen erleiden in Folge dessen einen grossen Druck, so dass oft warzenförmige Erhebungen mit Vertiefung in der Mitte oder Wucherungen von gallenähnlichem Ansehn und andere pustelförmige Verunstaltungen entstehen. Die befallenen Pflanzentheile entwickeln sich im Uebrigen meist ganz normal weiter und nur, wenn die Synchytrien sehr massenhaft auftreten, sind sie im Stande, ihrem Wirth empfindlichen Schaden zuzufügen, ja sein Verkümmern und Absterben herbeizuführen.

Das Protoplasma der Synchytrien ist entweder farblos oder es ist durch Oeltropfen gelb oder orange gefärbt, ein Merkmal, welches von Woronin und Schröter benutzt wurde, um die bis jetzt bekannten 11 Synchytriumarten in Gruppen abzutheilen.

Die erste dieser Abtheilungen bilden die Eusynchytrien, welche ein gelbrothes Protoplasma besitzen. Bei ihnen wachsen die in die Zellen der Nährpflanze eingedrungenen Schwärmsporen zu kugligen Haufen von Schwärmsporangien heran und erst am Ende der Vegetationsperiode entstehen Dauersporen. Hieher gehört das Synchytrium Taraxaci.

Auf den Blättern, den Stengeln, den Involucren von Taraxacum officinale fanden de Bary und Woronin orangefarbene Wärzchen in grösserer oder kleinerer Zahl, welche Verkrümmungen und Krauswerden der befallenen Organe zur Folge hatten. Diese Bildungen sehen auf den ersten Anblick einem Aecidium sehr ähnlich, bei mikroskopischer Unter-

suchung findet man aber keine Spur eines Myceliums, dagegen enthalten eine Anzahl von Parenchymzellen eigenthümliche grössere oder kleinere, runde oder längliche Körper. Die Entwicklungsgeschichte zeigt, wie diese Körper, de Bary nennt sie Primordialkugeln, immer mehr an Umfang zunehmen. Anfangs, wo die Vergrösserung langsamer vor sich geht, besteht ihr Inhalt aus farblosem, körnigem Protoplasma; bei fortschreitendem Wachsthum wird dasselbe undurchsichtig und orangeroth gefärbt. Dabei wird aber die Entfaltung der befallenen Theile der Nährpflanze nicht im Mindesten ver-

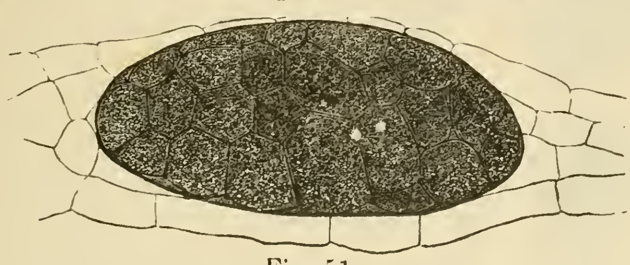


Fig. 51.
Synchytrium Taraxaci. Eine Primordialkugel, welche durch ihr Wachsthum die befallene Zelle sehr ausgedehnt hat; sie ist bereits in zahlreiche Sporangien von parenchymähnlicher Gestalt zerfallen (nach de Bary und Woronin.)

hindert. Der Parasit bewirkt dagegen eine ungemeine Ausdehnung der Zelle, in welcher er sich angesiedelt hat; die Nachbarzellen werden dadurch etwas zusammengedrückt und warzenförmig in die Höhe gehoben.

Zuletzt wird die Zelle von der Primordialkugel vollständig ausgefüllt, die anfangs zarte Membran der letzteren ist stärker geworden, und in dieser Periode der Entwicklung erfolgen in dem Parasiten zahlreiche Theilungen, wobei jede dadurch gebildete Zelle in Folge des Druckes ihrer Nachbarn ein parenchymatisches Ansehen erhält, Fig. 51.

Die Primordialkugel ist so zu einem Sporangiumhaufen, einem Sorus, geworden. Man kann die Membran jedes einzelnen Sporangiums deutlich erkennen, wenn durch wasserentziehende Mittel das Protoplasma contrahirt wird.

In dem anfangs gleichmässigen Inhalt des Sporangiums, Fig. 52 A, tritt nun eine Sonderung in zahlreiche orangerothe Parthieen ein, welche durch farbloses Plasma von einander

getrennt sind; dieselben individualisiren sich immer mehr, endlich entstehen daraus kuglige gefärbte Körper, die künftigen Zoosporen, Fig. 52, B.

Es wird hierauf eine verdickte, stark aufgequollene Stelle der Membran in Gestalt eines kurzen Halses vorgetrieben, Fig. 52, B, a, welche einem farblosen Gallertpfropf gleicht, in dessen Centrum sich ein enger Canal befindet. Die bereits sich bewegenden Zoosporen drängen nach diesem Hals, endlich entsteht eine Oeffnung und sie verlassen das Sporangium, eine nach der andern, Fig. 52, C. Vor der Mündung bleiben sie anfangs ruhig liegen oder man sieht sie langsam amöbenartig auf dem Boden umherkriechen, Fig. 52, E, bis sie auf einmal rasch enteilen. Sie sind kuglig, mit einem oder mehreren excentrischen rothen Kernen versehen; im Uebrigen bestehen sie aus farblosem Protoplasma und besitzen eine oder zwei lange Cilien. Die grösseren von ihnen theilen sich bisweilen während des Schwärmens, Fig. 52, F.

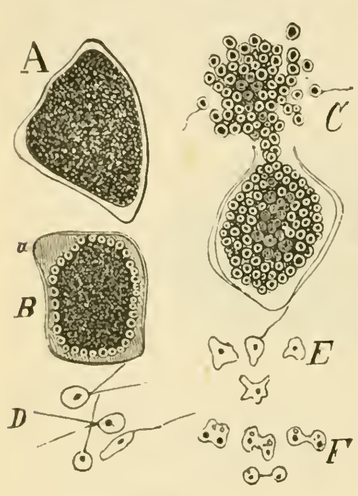


Fig. 52.

Synchytrium Taraxaci. A ein isolirtes Sporangium mit gleichmässig körnigem Inhalt; B die Sonderung des Plasmas in einzelne Schwärmsporen ist erfolgt, a aufgequollene Stelle der Membran, an welcher in C der Austritt der Schwärmsporen erfolgt; D Schwärmsporen, bei E amöbenartig kriechend; F eine abnorm grosse Schwärmspore in Zweitheilung begriffen. (nach de Bary.)

Legt man Löwenzahnblätter, welche mit dem Synchytrium behaftet sind, in Wasser, so findet die eben beschriebene Entwicklung statt; die Sporangien des Sorus entlassen eins nach dem andern ihre Schwärmsporen, so dass bald dichte, das Wasser hellroth trübende Wolken entstehen, welche an den am meisten vom Licht getroffenen Stellen sich ansammeln. Die Zoosporen dringen nur in ganz junge, noch nicht vollständig entfaltete Blätter ein; auf älteren Blättern gehen sie zu Grunde. Dies Eindringen findet in der Weise statt, dass der Schwärmer nach lebhaften Bewegungen hin und her auf

einer Epidermiszelle sich festsetzt, mit einer zarten Haut sich umgiebt und durch die Membran einen kurzen, im Innern der Zelle zu einer Kugel anschwellenden Schlauch treibt, in welchen das Plasma überfliesst. Man kann den in der Zellwand steckenden Schlauch, dessen im Innern der Zelle befindliches kuglig angeschwollenes Ende, sowie die ausserhalb liegende Zoosporenhaut im Zusammenhang deutlich erkennen. Die in der Nährzelle entstandene Oeffnung verschwindet bald, die Kugel dehnt sich in der Zelle bedeutend aus, sie umgiebt sich mit einer continuirlichen Protoplasmaschicht, von der zahlreiche, netzförmige Stränge zur Zellwand verlaufen. Durch fortwährende Grössenzunahme und darauf folgende Theilung entstehen, indem der geschilderte Cyclus sich wiederholt, neue Sori. Die ganze Entwicklung des eingedrungenen Parasiten nimmt etwa 12—14 Tage in Anspruch.

Die Sori entstehen immer wieder neu durch mehrere Generationen hindurch. Gegen das Ende der Vegetationsperiode aber bilden sich zahlreiche, den Winter über ruhende Dauersporen. In einzelnen Epidermiszellen nämlich erscheinen, anfangs von Plasmafäden aufgehangen, unregelmässige, kuglige, weisse, undurchsichtige Körper. Sie finden sich zerstreut zwischen den rothen Sori und sie entstehen, indem einzelne Sori sehr langsam wachsen, sich mit Fett füllen und mit einer derben Membran umgeben. Diese Membran besteht aus zwei Schichten, einer inneren, zarten farblosen und einer äusseren, dunkel gefärbten.

Im Frühjahr, wenn diese Dauersporen durch Verwesung des umgebenden Gewebes freigeworden sind, zeigen sie dasselbe Verhalten wie die Sori. Das Exosporium wird unregelmässig zerrissen, in der heraustretenden Kugel wird der Inhalt gleichmässig orangegelb, es entstehen in demselben zahlreiche Theilungen, die Sporangien, und in diesen wieder die oben beschriebenen Zoosporen.

Zu den Eusynchytrien gehören noch Syn. Succisae und Syn. Stellariae, welche im Wesentlichen dieselbe Entwicklung haben wie das beschriebene Synchytrium Taraxaci.

Die zweite Gruppe der Synchytrien wird von den Chrysochytrien gebildet, welche ein rothgelbes oder rein gelb gefärbtes Protoplasma besitzen und bei denen sich die in die

lebenden Nährpflanzen eingedrungenen Schwärmsporen sogleich zu Dauersporen ausbilden. Innerhalb derselben entstehen, nachdem sie im Frühjahr durch Verwesung der sie umgebenden Gewebetheile frei geworden sind, durch Theilung des Inhaltes zahlreiche Schwärmsporangien. Dahin gehört unter anderen das Synchytrium Myosotidis auf Myosotis stricta und Lithospermum arvense, welches auf diesen Pflanzen ganz eigenthümliche, beutelartige, gelbrothe Knötchen hervorbringt, die durch das Anschwellen und die Erhebung einer einzelnen Epidermiszelle entstehen, in welcher der Parasit sich angesiedelt hat.

Die Arten der dritten Gruppe endlich, der Leucochytrien, zeichnen sich durch ihr rein weisses Protoplasma aus, während sie wie die Chrysochytrien ebenfalls sogleich Dauersporen ausbilden.

Es ist auffallend, dass alle Synchytrien eine einander so ähnliche Entwicklung zeigen, so dass ausser der wechselnden Farbe des Protoplasmas kein scharfes Merkmal sie trennt. Sie verursachen zwar verschieden gestaltete Wucherungen auf den entsprechenden Pflanzen, doch könnte man vermuthen, dass dies füglich nicht eine Eigenthümlichkeit des Parasiten selbst sei, vielmehr in der besonderen Construction der Zellen des Nährwirthes seinen Grund habe. Es ist daher leicht möglich, dass mit der Zeit verschiedene jetzt von einander getrennte Synchytriumarten vereinigt werden. Impfversuche mit verschiedenen Synch. Schwärmsporen auf andere Nährpflanzen sind übrigens bis jetzt nicht gelungen.

Die Chytridieen, die einfachsten von allen bekannten vegetabilischen Schmarotzern auf lebenden Pflanzen, bilden, wie aus dem Vorhergehenden einleuchtet, eine auffallende Vermittlungsstufe zwischen Algen und Pilzen. Ihre parasitische Lebensweise und ihr Mangel an Chlorophyll nähert sie den Pilzen, die Abwesenheit des Myceliums und das Fehlen jeder geschlechtlichen Befruchtung stellt sie in die Nähe vieler schwärmsporenbildenden Palmellaceen; man könnte sie als eigene Familie in diese Abtheilung der Algen einreihen. So zeigt uns denn die unverkennbare Zwitterstellung dieser merkwürdigen, in ihrer Entwicklung so typischen Schmarotzergebilde aufs Neue, dass die menschliche Systematik zwar dem

Gedächtniss zu Hülfe kommt, dass aber die Natur zwischen Familie, Ordnung und Classe niemals scharfe Grenzen gezogen hat, dass vielmehr alle Gebilde der organischen Welt durch fortwährende Uebergangsglieder mit einander verbunden sind.

Ueber Pilze, welche bei Insecten Krankheiten verursachen.

Nachdem das Studium zahlreicher Infectionskrankheiten bei Pflanzen unsere Aufmerksamkeit in so hohem Grade den Pilzen zugewendet hat, nachdem wir letztere als die einzigen directen Urheber der Erkrankung vorher völlig gesunder Gewächse erkannt haben, tritt die Frage heran, ob wohl die übrige organische Welt in ähnlicher Weise der Gefahr ausgesetzt ist, ebenfalls von diesen Parasiten befallen und durch deren Wucherung vernichtet zu werden. Ist dies der Fall, so giebt uns die in den vorhergehenden Kapiteln geschilderte Lebensweise der Pilze die Mittel an die Hand, auch hier die Art ihres Eindringens und ihrer Vermehrung kennen zu lernen.

Und in der That beschränken die Pilze ihre verheerenden Wirkungen nicht blos auf die Pflanzen, sondern sie siedeln sich auch auf Thieren und auf dem Menschen an und sind im Stande, bei denselben ebenfalls eigenthümliche, epidemische Krankheitserscheinungen, ja deren Tod herbeizuführen.

Die Parasiten pflanzlicher Natur, welche den Menschen befallen, sind nach den bis jetzt vorliegenden Untersuchungen wohl alle den Pilzen, einige vielleicht den niedern Algen, zuzurechnen.

Bei verschiedenen Krankheitszuständen des menschlichen Haares, der Haut und der Schleimhäute wurde die Gegenwart von parasitischen Pilzen nachgewiesen; es ist dies der Fall bei Pityriasis und Psoriasis, bei Mentagra und Herpes, bei Favus, bei Soor etc. In allen diesen Fällen fand man die Pilze als reich gegliederte Mycelfäden vor, welche in ihre einzelnen Zellen zerfallen; letztere runden sich ab und wachsen später wieder zu neuen Fäden aus. Die eigentlich typischen Fructificationsorgane sind nicht sicher bekannt; bei Culturversuchen wurden aus den Abschuppungen der krankhaften Stellen von den Einen ganz gewöhnliche Schimmelpilze erzogen; Andere behaupten, dass bei den betreffenden Hautkrankheiten immer nur specifische Pilze thätig seien.

Haar- und Hautübel stehen jedoch sehr häufig in Wechselbeziehung zu einander, so dass erstere auch die Haut krankhaft afficiren, während umgekehrt Abschuppungen der Haut häufig vom Ausfallen der Haare begleitet werden. In solchen Fällen liegt wohl diesen gleichzeitigen oder nach einander auftretenden Erkrankungen ein und derselbe Parasit zu Grunde.

Während die oben genannten krankhaften Zustände nur von lokalen Entzündungserscheinungen begleitet sind, wird bei einer in Indien vorkommenden Krankheit, dem sog. Madurafuss*), eine tief eingreifende Zerstörung hervorgerufen. Ursache derselben ist ein Pilz, Chionyphe Carteri, welcher sich in alle Weichtheile des menschlichen Fusses, selbst bis in das Knochenmark, verbreitet und unförmliche Anschwellung, Eiterung und Perforation verursacht. An den entzündeten Stellen findet man den Pilz in Gestalt rundlicher, schwärzlicher Massen vor, welche aus einem Gewirr von langgliedrigen, reich verzweigten Mycelfäden mit derber Membran bestehen. Seitenäste tragen schwärzliche, endständige Sporangien, welche eine wellige Oberfläche besitzen und oft von einem Geflecht dünner Hyphen umgeben sind. Die Entwicklung der Sporangien ist noch nicht näher bekannt; ihr Inneres ist mit länglich ovalen Sporen angefüllt. Dieser Pilz scheint durch Hautverletzungen in die tieferen Gewebspartieen des Fusses zu gelangen.

*) Proceedings of the Linn soc. 1865. VIII.

Dass die Pilze auch die härteste Knochensubstanz zu zerstören im Stande sind, davon giebt uns die Zahncaries ein auffallendes Beispiel. Es gelang mir, Präparate von Dentindurchschnitten zu fertigen, welche aufs deutlichste die von allen Seiten in die Röhrchen eindringenden, an der Spitze oft keulig angeschwollenen Pilzhyphen erkennen lassen. Es kann an diesen Schnitten genau die Tiefe bestimmt werden, bis zu welcher die parasitischen Fäden bereits vorgedrungen sind. Die ergriffenen Stellen des Dentins sind durch die Wucherung und die Assimilationsthätigkeit der Hyphen bereits gelb bis braun gefärbt, sie beweisen den Beginn der Zerstörung, während die darunter liegende, noch nicht vom Pilz erreichte Zahnsubstanz vollständig normal beschaffen ist.

Was die Thätigkeit der Algen als Urheber menschlicher Epidemieen betrifft, so sind die darüber vorhandenen Beobachtungen noch nicht mit Sicherheit begründet. Salisbury*) will beobachtet haben, dass Sporen von Arten aus der Algenfamilie der Palmellaceen Ursache des Malariafiebers seien, doch bestreiten dies Andere, denen es nicht gelang, bei Einimpfung mit Palmellasporen diese Krankheit hervorzurufen.

Schon häufig ist übrigens die Vermuthung ausgesprochen worden, dass den niederen Algen beim Auftreten gewisser fieberartiger Zustände eine hervorragende Betheiligung zugeschrieben werden müsse, doch ist der Beweis dafür durch exacte Untersuchung bis jetzt noch nicht geliefert worden. Dagegen sind die den Algen sich anschliessenden Schizomycetes Näg. in neuerer Zeit ganz besonders als Krankheitserreger berüchtigt geworden; sobald diese Gebilde im Organismus sich angesiedelt haben, sind sie in Folge ihrer ungeheuren Vermehrungsfähigkeit die Ursache verderblicher Zerstörungen. Wir werden unten auf diese in vielen Stücken noch räthselhaften Organismen weitläufiger zurückkommen.

Pilzkrankheiten sind nun besonders bei den Insecten häufig beobachtet und beschrieben worden, ohne dass man sich dabei Rechenschaft darüber zu geben wusste, auf welche Weise es geschehe, dass der Pilz in das Innere des Thieres gelangt,

---

*) Salisbury. On the cause of intermittent et remittent fevers. Americ. Jour. of med. Scien. Jan. 1867. p. 51.

so dass man auch im Zweifel war, ob das Auftreten des Pilzes die Ursache oder die Folge der Krankheit sei.

Hauptsächlich Vittadini*) und de Bary**) gebührt das Verdienst, zuerst lückenlos die vollständige Entwicklungsgeschichte von Pilzen im Körper von Raupen festgestellt zu haben. Sie beobachteten die Keimung von Sporen auf der Haut der Thiere, sahen das Eindringen der Keimschläuche, die Weiterentwicklung derselben im Innern und endlich die Bildung des neuen fruchtenden Pilzes. Sie bewiesen, dass nur wenige Sporen auf die Haut der Raupen etc. zu gelangen und in das Innere der Thiere einzudringen brauchen, um sich darin massenhaft zu vermehren und dann durch Zerstörung und Aufnahme des Fettes und des Blutes den Tod herbeizuführen. de Bary fand auch, dass die einzelnen, die Krankheiten verursachenden Pilze nicht an eine bestimmte Insectenspecies gebunden sind, sondern dass es gelingt, bei Berührung mit den Sporen ein und desselben Pilzes z. B. verschiedene Raupen zu inficiren.

Es sind vier verschiedene Pilzformen, welche de Bary bei der Untersuchung von Raupenepidemieen aufgefunden hat, nämlich Botrytis Bassiana; Cordyceps militaris; Isaria farinosa und Isaria strigosa.

Die Botrytis Bassiana, der Pilz, welcher auch die Muscardine bei den Seidenraupen veranlasst, kommt wieder in drei, übrigens in einander übergehenden Formen vor, indem er je nach der Species des Nährthieres entweder einen kurzfilzigen Ueberzug bildet, der schliesslich mit Conidien bestäubt ist; oder er bildet dichte, sich senkrecht erhebende, wolkenähnlich über dem Boden ausgebreitete Hyphenmassen in Gestalt von Polstern; oder endlich findet er sich in der aus dicht vereinigten Hyphen gebildeten Isarienartigen Form, welche aus Keulen besteht, die gegen ein Ctm. hoch werden und mit festem orangerothem Stiel versehen sind, aus dessen eiförmigem Ende ein weissfilziges, conidientragendes Hyphen-

*) C. Vittadini. Della natura de calcino o mal del segno. Giorn. Instit. Lombard. Tom. III. p. 143.

**) A. de Bary. Zur Kenntniss insectentödtender Pilze. Bot. Ztg. 1867 Nro. 1, 2 u. 3 und 1869 Nro. 36 u. 37.

büschel nach allen Seiten hin ausstrahlt. Letztere Form sah de Bary nur auf Gastropacha Rubi-Raupen, die andern auf Bombyx Mori, Sphinx Euphorbiae, Tenebrio molitor.

Die zu Botrytis Bassiana gehörigen Perithecienträger sind noch nicht aufgefunden worden, doch vermuthet de Bary, dass es vielleicht die auf todten Maikäfern gefundene Melanospora parasitica sei, welche aber Bail als höhere Fruchtform zu Isaria farinosa gezogen hat. Die Conidien der Botrytis Bassiana werden auf septirten, farblosen Hyphen in dichten runden Knäueln durch succedane köpfchenweise Abschnürung gebildet. Es entstehen an den Hyphen zuerst kurze, einzellige Zweige von runder Form, Fig. 53, A, aus diesen kommen durch hefeartige Sprossung terminal oder seitlich noch mehrere ähnliche hervor. Die letzten dieser Zellen spitzen sich pfriemenförmig zu und bilden ein Sterigma, an dessen Spitze eine Conidie entsteht; unter dieser bricht von einem Stielchen getragen eine neue Conidie hervor, welche die erste zur Seite drängt, unter der letzteren wieder eine und so fort, so dass endlich ein mehr oder weniger reich mit Conidien bedecktes Köpfchen entsteht, Fig. 53, B und C, wobei zugleich das Sterigma von einer zur andern Conidie zickzackartig hin und hergebogen wird, Fig. 53 C, b. Diese Conidien sind kugelrund, sie keimen in Wasser, Zuckerlösung oder Gelatine leicht, der Keimschlauch verästelt sich, die Enden spitzen sich pfriemenartig zu und schnüren eine oder mehrere Conidien ab, die aber nicht mehr rund, sondern von länglich cylindrischer Gestalt sind; de Bary heisst sie Cylinderconidien, Fig. 54. Sie bilden sich in den untergetauchten und den in die Luft

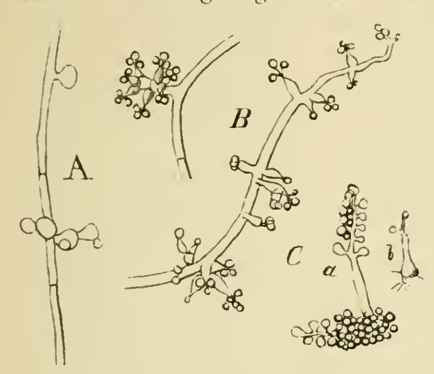


Fig. 53.
Botrytis Bassiana; A ein Faden, an welchem die Conidienbildung eben beginnt (700); B Conidientragende Fäden, auf dem Objectträger erzogen (390); C a ein sehr reichlich Conidien tragendes Ende eines Fadens, von einer Raupe entnommen (700), b ein altes Sterigma, von dem die Conidien abgefallen sind. (nach de Bary.)

ragenden Hyphen, doch werden sie bei letzteren bald zur Seite geschoben und es bildet sich dann wieder ein Köpfchen runder Conidien.

Die Cordyceps militaris, welche auf Schmetterlingspuppen vorkommt, bildet stattliche, orangefarbene, keulenförmige Perithecienträger, Fig. 55. Die in den Ascis enthaltenen stabförmigen Sporen trennen sich noch vor der Ejaculation in eine Masse von Theilsporen, welche als ein glitzernder Regen aus dem Ascus entleert werden. In Wasser gesät, fallen sie auseinander und keimen, wobei oft mehrere mit einander verschmelzen. Die Keimschläuche treten an die Luft und bilden abstehende, selten vereinzelte, sondern meist in 2—4-zählige Wirtel gestellte Zweige, auf deren pfriemenförmigem Ende sich nach Art von Penicillium eine Conidienreihe bildet, an welcher aber die zuerst gebildete Conidie eine länglich cylindrische Gestalt besitzt, während die übrigen rund sind. Diese Conidienform der Cordyceps militaris fand de Bary nur als Flaum auf dem Raupenkörper.



Fig. 54.

Botrytis Bassiana; Fäden aus der inneren Hautlage einer Raupe stammend, reichlich Cylindercconidien abschnürend, bei s Bildung secundärer Conidien. (390) (nach de Bary.)

Die Isaria farinosa fanden de Bary, Bail und Hartig auf den Raupen, welche die norddeutschen Kiefernwälder verheerten. Tulasne zieht diesen Pilz mit in den Entwicklungskreis von Cordyceps militaris; de Bary hat jedoch dagegen einige Bedenken, indem er fand, dass die mit Tulasne's Beschreibung übereinstimmende, von ihm gefundene Isaria farinosa zwar ebenfalls Conidien bildet, welche in Grösse, Gestalt und Abschnürung denen der Cordyceps militaris gleichen, aber diese Conidien sind alle rund, auch die oberste, und es finden sich keine Wirtel, vielmehr sind die conidienabschnürenden Zweige nur vereinzelt, selten paarweise opponirt. Diese Isaria farinosa bildet, wie oben Botrytis Bassiana drei in einander übergehende Formen; sie erscheint nämlich auf den Raupen als weisser Schimmel; als blass orangefarbene Knäulchen;

oder als schon lebhaft orangerothe Keulen, welche an der Spitze auf garbenartigen verzweigten Fäden die Sporen tragen. Auf den forstverheerenden Raupen fand übrigens de Bary auch Botrytis Bassiana, welche Bail*) nicht finden konnte.

Die auf Insectenkörpern gefundene Isaria strigosa besitzt dieselbe Verzweigung wie Isaria farinosa, ihre Conidien werden ebenfalls succedan reihenweise abgeschnürt, doch besitzen sie alle länglich cylindrische Gestalt und sind alle gleichartig.



Fig. 55.
Cordyceps militaris Fr. (Torrubia militaris Tul.) Reife Perithecienträger auf einer Raupe wachsend. Die schwarzen Punkte sind die Mündungen der Perithecien. (nach Tulasne.)

Was nun die Einwanderung der beschriebenen Pilze in den Thierkörper betrifft, so findet sie bei allen angeführten in ziemlich analoger Weise statt. de Bary wählte zu seinen Versuchen die Wolfsmilchraupe, welche wegen ihrer auf dem Körper befindlichen gelben Flecken das Keimen der Pilze und das Eindringen der Keimschläuche durch die Haut hindurch sehr gut beobachten lässt. Diese gelben Flecken sind nämlich sehr durchsichtig, glashell und lassen jeden fremden Körper mit Sicherheit erkennen. Wurden die Conidien von Botrytis Bassiana auf die Haut der Wolfsmilchraupe gesät, so hafteten sie fest und begannen erst nach einigen Tagen zu keimen. An den durchsichtigen Keimstellen dringen die Keimschläuche nach kurzem, horizontalem Verlauf ein; der noch aussen befindliche Theil stirbt ab und der Keimschlauch wächst erst senkrecht nach innen, dann verzweigt er sich strahlig von der Eintrittstelle aus und die protoplasmaerfüllten Aeste treten

*) Bail, Th. Ueber Pilzepizootien der forstverheerenden Raupen. Danzig 1869; ferner bot. Ztg. 1869, S. 711 und Mittheil. über d. Vork. u. d. Entwickl einiger Pilzformen. Danzig 1867.

unter die Haut in den Körper des Thieres. Die eindringenden Keimschläuche begleitet eine immer intensiver werdende Braunfärbung der Haut. Die durch die Haut gedrungenen Hyphen schnüren nun auf dieselbe Weise, wie auf dem Objectträger, Cylinderconidien ab, welche de Bary auch in der Haut selbst noch entstehen sah.

So lange die conidienbildenden Hyphen noch nicht in das Blut des Thieres gelangt sind, bemerkt man in den aus Stichen herausdringenden Blutstropfen noch keine Pilzelemente; sowie aber die, von ihrer Eintrittstelle sich übrigens nie weit ausbreitenden Hyphen ins Blut gelangen, enthält dasselbe im Anfang wenige, dann immer zahlreichere Cylinderconidien, welche die anfangs klare Flüssigkeit immer mehr trüben. Die von den Hyphen abgeschnürten Cylinderconidien werden in dem strömenden Blute überall vertheilt und sie erzeugen durch Abschnürungen wiederholt neue Generationen. Dabei wird das Thier immer matter und bewegungslos. Schliesslich, bei nahendem Tode, hört die Vermehrung der Cylinderconidien ganz auf, dieselben wachsen nun zu langen verästelten Schläuchen aus und bilden ein Mycelium, welches die ganze Masse des Thieres bis auf Darm und Tracheen anfüllt und dasselbe stark ausdehnt. Das Blut und die Fettmasse werden während der Entwicklung des Pilzes vollständig desorganisirt; sie dienen demselben zur Nahrung.

Gleich nach dem Tode, welcher gewöhnlich 12—14 Tage nach dem Eindringen der Pilzsporen in den Körper stattfindet, sind die Thiere zusammengefallen, sie zeigen ein schlaffes Ansehen; dieser Zustand dauert aber nur kurze Zeit, denn bald schwellen sie wieder allseitig an in Folge der im Innern lebhaft wachsenden und sich ausdehnenden Pilzfäden.

Schliesslich durchbrechen die Hyphen den Körper und es bilden sich an der Oberfläche die oben beschriebenen Fruchtträger. Die Theilsporen der Cordyceps militaris dringen in derselben Weise in den Körper der Raupen und bilden Cylinderconidien.

Die Isaria farinosa dagegen, welche de Bary und Bail auf den forstverheerenden Raupen gefunden haben, dringt, wie de Bary zeigte, beim Kiefernspinner nicht durch die Haut, sondern durch die Stigmen in die Tracheen ein; die Hyphen

durchwuchern dann von den Tracheen aus die Gewebe der Raupenkörper und schnüren wie bei obigen Pilzen Cylinderconidien ab. Die inficirten Stellen sind als schwarze Punkte an den Tracheenstämmen mit blossem Auge zu erkennen.

Werden die Pilzsporen dem Futter der Raupen aufgestreut und sie ihnen so zu fressen gegeben, so zeigt sich, dass die Sporen im Darm niemals keimen.

Als sehr wesentlicher Umstand für die Entwicklung der Parasitenkeime auf der Körperfläche der Insecten tritt übrigens hervor, in welchem Masse die Umgebung mit Feuchtigkeit geschwängert ist; denn je nach dem vorhandenen Grade derselben findet die Keimung in kürzerer oder in längerer Zeit statt und sie kann daher bei künstlicher Infection in geschlossenen Räumen ganz nach Belieben beschleunigt oder verzögert werden. Ebenso erfolgt die Entstehung der Fruchtträger aus den mit den röthlichen oder schmutzig weissen Mycelmassen angefüllten Leichnamen der Raupen bei Gegenwart von Feuchtigkeit sehr schnell; sie unterbleibt dagegen, wenn letztere fehlt; in solchem Falle trocknen die Körper mumienartig ein und erst beim Befeuchten entwickelt sich der Pilz im Innern oft noch nach Monaten weiter.

Mit der geschilderten Entdeckung de Bary's über das Eindringen der keimenden Sporen in das Innere der Raupe und der Bildung von Cylinderconidien, sowie der daraus entstehenden Fruchtträger ist also der vollständige Entwicklungsgang dieser parasitischen Pilze nachgewiesen.

Es muss auch nochmals hervorgehoben werden, dass ein und derselbe Pilz den verschiedensten Insecten in gleicher Weise Verderben bringen kann. So wurde z. B. die Botrytis Bassiana nicht blos auf Raupen gefunden, sondern auch auf Coleopteren, auf Hymenopteren und Hemipteren; eine durch sie hervorgerufene Epidemie ist nach Bail besonders unter den Maikäfern und deren Engerlingen verbreitet. Den schlimmsten Schaden aber hat uns dieser Parasit durch seine Verheerungen unter den Seidenraupen gebracht, in Folge deren dieser wichtige Industriezweig in einzelnen Gegenden vollständig brach gelegt worden ist. Die angeführten Pilze befallen ferner nicht etwa blos einzelne Entwicklungsstadien der Insecten, sie wuchern vielmehr ebenso auf Raupen und Puppen

wie auf den vollkommen ausgebildeten Insecten, auf letzteren übrigens nur dann, wenn sie Raupen, welche nahe daran waren, sich zu verpuppen, befallen haben.

Ausser den bereits beschriebenen Pilzen wurde noch eine Menge anderer, zum Theil schon seit langer Zeit, auf den verschiedensten Insecten, lebenden sowohl als todten, beobachtet. Robin*) führt in seinem grossen Werke eine ganze Anzahl solcher Schmarotzer auf, unter welchen als ganz besonders auffallend und merkwürdig grosse, keulenförmige Sphärien sich auszeichnen, welche mit ihrem üppig wuchernden Mycel die Körper lebender Raupen befallen haben, dieselben immer mehr ausfüllen und deren Fruchtträger dann schliesslich aus den sterbenden Thieren hervorbrechen in einer Grösse, welche nicht selten diejenige des Insects selbst bedeutend übertrifft, so dass dergleichen Gebilde ein ganz absonderliches Ansehen erhalten. In früheren Zeiten wurden diese Vorkommnisse als ganz wunderbare Erscheinungen angestaunt; man glaubte hier einen vollständigen Uebergang vom Thierreich zum Pflanzenreich gefunden zu haben. So wurde von Torrubia**), einem spanischen Naturforscher, schon im Jahre 1754 eine grosses Aufsehen erregende sogenannte vegetirende oder zoophytische Fliege beschrieben; es war dies eine Wespe, von den Antillen stammend, aus deren Körper die 5 Ctm. und darüber langen Fruchtkeulen eines Pyrenomyceten hervorgewachsen waren. Später fand dann der dänische Naturforscher Holmskiold***) ebenfalls solche mit Pilzen behaftete Insecten auf den dänischen Inseln. Tulasne bildete in seiner Carpologia eine grosse Anzahl in dieser Weise erkrankter und gestorbener Schmetterlinge, Wespen und Ameisen ab, bei welchen die verschieden gestalteten Fruchtträger der Pilze aus dem Rücken, bei ersteren sogar aus den Flügelrändern, hervorkommen, vgl. auch Fig. 55.

Bei einem andern Pilze, welcher ebenfalls eine grosse

*) Histoire naturelle des vegetaux parasites, qui croissent sur l'homme et sur les animaux vivants, Paris 1853, avec un Atlas de 15 planches.

**) Torrubia. Apparato paro la historia natural da Espagna. Madrid 1754. Tom. I.

***) Ostia beata, variis fungis danicis impensi. 1790.

Verbreitung hat, gelang es in neuester Zeit Brefeld,*) die Entwicklungsgeschichte lückenlos zu verfolgen. Es ist dies die Empusa muscae, welche bei unseren Stubenfliegen die bekannte epidemische Krankheit veranlasst, der im Herbst Millionen zum Opfer fallen.

Schon Goethe**) und Nees von Esenbeck***) beobachteten diese Krankheit, ohne dass sie sich bestimmte Rechenschaft davon zu geben wussten. Cohn†) und Lebert†*) lieferten zuerst eine genaue Untersuchung: Lebert nannte den Pilz Myiophyton, Fresenius†**) gab ihm den Namen Entomophthera. Die Krankheit äussert sich bei den Fliegen durch grosse Mattigkeit, allmähliges Aufhören der Bewegung und endlich tritt der Tod ein, worauf der Hinterleib stark ausgedehnt wird und zwischen dessen Segmenten drei hervorbrechende weisse Ringe erscheinen, welche sich bald vergrössern. Sie rühren von den herausdringenden keulenförmigen Empusa-Zellen her, welche dann an der Spitze die Sporen bilden, die bei der Reife fortgeschleudert werden, so dass das Thier bald mit einem weissen Hof, von diesen Sporen herrührend, umgeben ist. Letztere sind von glockenförmiger Gestalt und meist mit einem weiten Mantel, der einer dünnen Membran gleicht, versehen, Fig. 56 A. Die Keimung der Sporen hat Cohn nicht mit Sicherheit beobachten können; doch haben sie schon Bail und andere auf dem Objectträger gesehen, ohne dass es ihnen gelang, dieselbe auch auf der Haut der Thiere zu bewerkstelligen. Brefeld hat nun, nachdem er den Entwicklungsgang einer andern Empusa, welche auf der Raupe des Kohlweisslings sich findet, lückenlos verfolgt, auch diesen bei der Empusa unserer Stubenfliegen festgestellt.

---

*) Dr. O. Brefeld. Unters. über d. Entwickl. d. Emp. muscae u. Emp. radicans. Halle 1871.

**) Göthe, Hefte zur Morphologie, I. p. 292.

***) Nova acta Acad. Caes. Leop. Car. Nat. Cur. Vol. XV. p. II. 1831.

†) Cohn. Emp. muscae u. d. Krankh. der Stubenfliegen. Breslau 1865.

†*) Die Pilzkrankh. d. Fliegen. Abh. d. naturf. Gesellschaft in Zürich. 1856.

†**) Fresenius, G. Ueber d. Pilzgatt. Entomophthera. Abh. der Senkendorf'sch. naturf. Gesellsch. B. 2. II. Abth. S. 201.

Er giebt an, dass die Haut der Fliegen ein sehr geeignetes durchsichtiges Object ist, um den eindringenden Keimschlauch zu sehen. Dabei hat man aber den Nachtheil, dass die Membran und der Inhalt desselben von äusserst empfindlicher Natur sind und im Wasser sofort sich auflösen. Brefeld

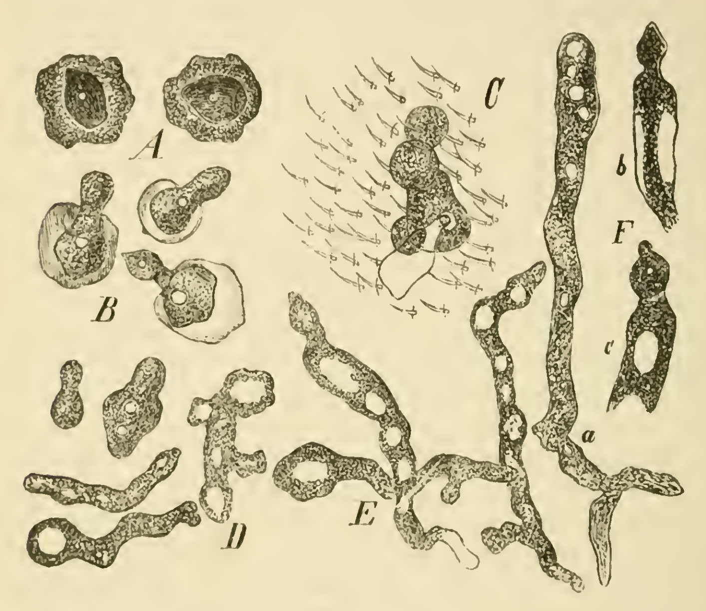


Fig. 56.

Empusa muscae. A Reife Sporen, mit dem Plasmamantel umgeben, gleich nach dem Abwerfen gezeichnet; B Bildung von secundären Sporen; C frei präparirte Fliegenhaut von der weissen Unterleibsstelle, mit keimender Spore und bereits eingedrungenem, innen sprossendem Keimschlauch; D Empusazellen aus dem Fettkörper der Fliege, einzelne bereits in Schläuche auswachsend; E und F grössere Schläuche, welche zu fructificiren beginnen, a Ende keulig angeschwollen, b die Spore als Ausstülpung deutlich sichtbar, bei c durch eine Wand abgetrennt, unmittelbar vor dem Abwerfen (300). (nach Brefeld).

wandte nun verdünnte Kochsalzlösung an, in welcher der Keimschlauch erhalten blieb. Er bemerkte, dass dieser von äusserst kurzer Gestalt ist, indem er eine kuglige Zelle darstellt, die sich nicht verlängert, sondern nach Art der Hefe durch Sprossung vermehrt, Fig. 56 C.

Die Tochterzellen trennen sich von der Mutterzelle, sie gelangen in den Fettkörper und indem neue Sprossgeneratio-

nen erzeugt werden, erfüllen sie bald das ganze Blut, welches sie weiss und trübe machen.

Anfangs verräth die Fliege grosse Unruhe, allmählich ermattet sie und der Tod tritt ein. Die Zellen im Blute der Thiere besitzen verschiedene Gestalten, anfangs sind sie kuglig, dann findet man ei- und schlauchförmige Gebilde, Fig. 56, D und E. Zellmembran und Inhalt werden sehr leicht vom Wasser zerstört, in dem sonst homogenen Protoplasma werden nämlich grosse Oeltropfen ausgeschieden; dies findet auch bei den späteren Zuständen des Pilzes statt; man muss die Untersuchung daher stets in einer concentrirteren Flüssigkeit vornehmen. In einem gewissen Stadium der Krankheit hören wie oben bei den Raupenpilzen die Sprossungen auf und die Zellen wachsen schlauchförmig an einer oder an zwei Seiten aus. Diese Schläuche sind sehr breit und unregelmässig gekrümmt; sie zeigen oft Aussackungen und während der eine Schlauch mehr dünn bleibt und zur Wurzelzelle wird, nimmt der andere Keulengestalt an und stellt so das künftige Basidium oder die Stielzelle dar, Fig. 56 F, a. Wurzel- und Stielzelle trennen sich durch eine Scheidewand.

Die Basidie durchbricht nun die Segmenthaut des Hinterleibes und schickt sich zur Sporenbildung an, indem ihr oberes Ende eine Aussackung treibt, in welche Plasma überfliesst; diese Aussackung, die künftige Spore, wächst und gliedert sich schliesslich durch eine Scheidewand von der Basidie ab, Fig. 56, F, b und c. So wie dies geschehen ist, bilden sich in dem Basidium grosse Vacuolen; das Plasma wird trüb und körnig; die Zelle nimmt immer mehr Feuchtigkeit auf; endlich platzt sie und der rasch herausspritzende Inhalt schleudert die Spore mit grosser Gewalt fort. Es ist dies also ein ähnlicher Vorgang, wie man ihn beim Abschleudern des Sporangiums von Pilobolus beobachtet. Jeder entleerte Schlauch schrumpft sofort zusammen, worauf an seine Stelle ein neuer tritt und derselbe Vorgang sich wiederholt, so dass auf solche Weise dieses eigenthümliche Bombardement mit den Sporen an drei Tage lang nach allen Seiten fortdauert und schliesslich der oben erwähnte weissstaubige Hof rings um die Fliege entsteht. Stets bleibt etwas vom Plasmainhalt des die Spore abwerfenden Schlauches an

derselben hängen, wodurch der eigenthümliche Mantel gebildet wird, welcher die Spore umgiebt, Fig. 56, A.

Diese Hülle ist für die Spore sehr vortheilhaft; sie begünstigt das Anhaften derselben am Fliegenleib, befördert die Keimung und verhindert das Austrocknen; im Wasser zergeht sie. Jeder Schlauch erzeugt nur eine einzige Spore. Die Keimung derselben in Wasser findet ganz wie bei den Uredineen und Ustilagineen mit Entwicklung eines Promyceliums und Abschnüren von Sporidien statt. Sie treiben nämlich einen sehr kurz bleibenden, dicken Keimschlauch, dessen Ende anschwillt und sich zu einer der primären an Gestalt vollständig gleichenden secundären Spore entwickelt, Fig. 56, B, zu deren Bildung aber nicht der ganze Inhalt verwendet wird, sondern nur ein Theil; sie wird ebenfalls fortgeschleudert und es bildet sich wieder eine Umhüllung von Plasma um sie. Die Sporen bleiben nicht lange keimfähig, ebensowenig bilden sie Dauersporen. Es ist daher noch zweifelhaft, auf welche Weise der Pilz überwintert und im Sommer in den Körper der Fliegen gelangt. Brefeld ist der Ansicht, dass viele der den Winter überstehenden Fliegen auch den Pilz enthalten und dass auf diese Weise im Sommer die übrigen Fliegen inficirt würden. Diese Frage bleibt also noch zu lösen; ebenso diejenige, ob der Sporenbildung eine Befruchtung vorhergeht.

Die Keimung und Entwicklung einer andern Empusa, der E. radicans, welche Brefeld ebenfalls beobachtete, findet in etwas anderer Weise statt. Diese Empusa siedelt sich auf den Raupen des Kohlweisslings an, dessen durchsichtige Haut zur Untersuchung vorzüglich geeignet ist. Die Keimschläuche der eindringenden Sporen sind hier lang; sie theilen sich in Zellen und in die Endzelle allein fliesst das Protoplasma des Fadens über, Fig. 57, D. Diese Endzelle verästelt sich und erfüllt den ganzen Körper der Raupe mit dichtem Hyphengeflecht. Die fortwachsenden Enden gelangen in's Blut, einzelne Zellen werden abgetrennt, Fig. 57, E und auf diese Weise füllen sie endlich die Raupe vollständig an, welche schliesslich in der Masse des Pilzes erstarrt.

Von Anfang an lässt die Raupe durch auffallende Unruhe, dann durch immer schwerfälliger und steifer werdende Fort-

bewegung erkennen, dass sie vom Pilz befallen ist: mit der fortschreitenden Entwicklung desselben erlahmt auch die Kraft des Thieres immer mehr; endlich sitzt es vollständig regungslos an den Kohlblättern und der Tod ereilt es allmählich in dieser Stellung.

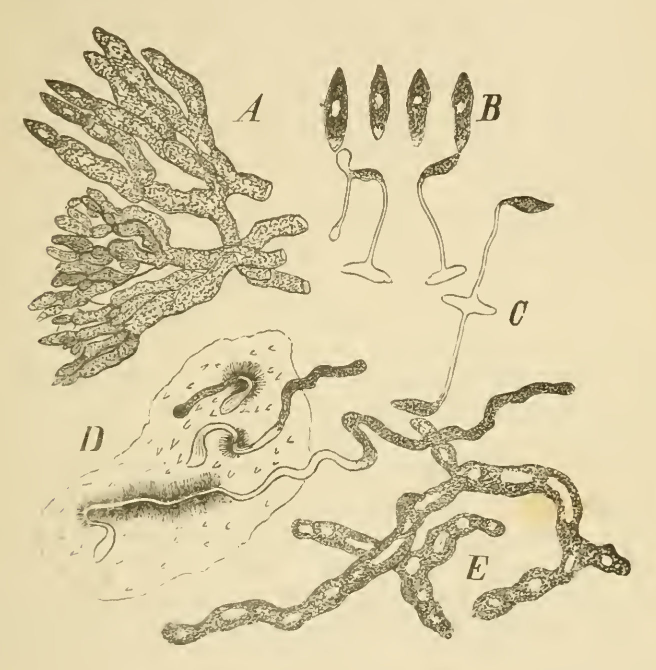


Fig. 57.
Empusa radicans. A die Spitzen der reich büschelig verästelten fructificirenden Hyphen, in Sporenbildung begriffen (300); B reife Sporen (650); C Keimung derselben auf Wasser, Bildung von secundären Sporen; D freiliegendes Hautstück einer inficirten Raupe mit keimenden Sporen, von aussen gesehen; die Keimschläuche sind durch die Haut gedrungen und unter derselben weiter gewachsen; E abgetrennte Aeste des Mycels im Blut der Raupe schwimmend. (300); (nach Brefeld.)

Der Hauptheerd dieser Empusa ist im Fett-, nicht im Blutkörper, wie bei Botrytis, Isaria und Cordyceps. Der Pilz bildet sich nun, während die Raupe abstirbt, zu einem Mycel aus, dessen fortwachsende Enden die Unterseite derselben durchbrechen und in dichten Bündeln als massiger Fruchtträger am Boden sich festheften, während auf der Oberseite die reich büschelig verästelten, sporenbildenden Schläuche hervorbrechen.

Die Spitzen derselben werden vom Hauptfaden durch Scheidewände abgegrenzt, sie erzeugen dann neue Fortsätze und diese erst bilden sich zu Sporen aus, Fig. 57 A. Letztere sind hier von spindelförmiger Gestalt, Fig. 57 B, und sie können nicht im Magen und Darm der Thiere zur Keimung gelangen. Sie werden in ganz ähnlicher Weise wie bei Empusa muscae fortgeschleudert, aber die Fruchtfäden sind hier im Stande, nach dem Abwerfen der ersten Sporen neue Zweige und an diesen neue Sporen zu entwickeln. Letztere bilden bei Gegenwart von Wasser gleich dem Fliegenpilz Secundärsporen, die ebenfalls abgeschleudert werden.

Die Raupe behält während der ganzen Infection und auch noch nach erfolgtem Tode ihren normalen Turgor bei, so dass sie sich in dieser Beziehung von den gesunden nicht unterscheidet; bald aber, etwa fünf Tage, nachdem sie ihren Leiden erlegen ist, wird sie unkenntlich, vollständig von dem grünlich weissen Schimmel eingehüllt, endlich schrumpft sie zu einer braunen Haut zusammen und auch der Pilz verschwindet bald darauf.

Die Empusa-Arten sind ebensowenig an eine bestimmte Insectenspecies gebunden, wie die oben beschriebenen Pilze. Brefeld giebt an, dass er die Empusa der Raupen auf die Fliegen übertragen und diese damit inficirt habe. In der That sagt auch Bail, dass die Verbreitung der Empusen eine sehr beträchtliche ist; blos noch nicht auf Netzflüglern fand er sie.

Bail fand die gelbbehaarte Dungfliege, Scatophaga stercoraria, in Unzahl Ende Mai an den Grashalmen todt festsitzend, alle mit den characteristischen Empusaringen um den Leib. Ebenso fand er diesen Pilz an der Diptere Pollenia rudis und an verschiedenen Eulen- und Spannerraupen. Bail beobachtete die Empusa ferner auf Käfern und erwähnt, dass sie die gefrässige Forleule, Noctua piniperda, vernichtete und in diesem Falle als Retterin unserer Forstkulturen auftrat. Auch die behaarten Raupen von Bombyx Caja fand dieser Forscher von einer Empusa befallen, wobei die erkrankten Thiere in ihrer Todesangst verschiedene von ihnen sonst gemiedene Bäume bis auf eine Höhe von vier Fuss erklettert hatten und todt angeklammert auf den Aesten dasassen; sie hatten ein grau-

weiss bestäubtes Ansehen, von dem aus ihrem Innern hervorgebrochenen Pilz herrührend.

Auch Cohn beobachtete eine Empusa-Epidemie an der Zwergcicade, Jassus sexnotatus, und Lohde fand Hunderte von Raupen der Euprepia fuliginosa durch eine Empusa getödtet an Bäumen und Sträuchern festhängend.

Fresenius beschreibt 7 Empusa-Arten, von welchen aber zwei ihre Sporen im Innern der Thiere zur Reife bringen. Derselbe entdeckte sie auf Heuschrecken, Tenthredolarven und Mücken; alle unterschieden sie sich von einander durch die Grösse und die Gestalt ihrer Sporen. Fresenius wollte den übrigens jetzt allgemein angenommenen Namen Empusa für diese Pilze in Entomophthera umwandeln, weil ersterer bereits an eine Heuschreckengattung und an eine Orchideenspecies vergeben sei.

Assmann fand eine Empusa auf Raupen der Euprepia aulica mit eiförmigen, mit einer Papille versehenen Sporen, und auch in diesem Falle hatten die todten Thiere ein ganz weisses Ansehen, durch die aus ihrem Leib herausgetretenen Pilzfäden und durch die anklebenden Sporen veranlasst.

Die merkwürdigste Art von Infection mit Empusa findet jedenfalls bei der Stechmücke, Culex pupiens, statt; sie wurde von A. Braun zuerst beobachtet. In diesem Fall sind die Mücken schon bei ihrem ersten Ausschlüpfen aus der Puppe mit dem Pilz behaftet; da nun die Culexarten ihren ganzen Larvenzustand im Wasser verbringen, so müssen die Larven von den kleinen, länglichen Sporen gerade in dem Augenblick getroffen worden sein, als sie, um Athem zu schöpfen, an die Oberfläche des Wassers gekommen waren. Den Rand eines Wasserkübels fand Braun ganz besetzt mit solchen durch die Empusa getödteten Mücken.

Was die systematische Stellung der Empusen betrifft, so ist dieselbe bis jetzt noch ziemlich unsicher. Es ist vielfach angegeben worden, dass die Empusa eine besondere Entwicklungsform von Saprolegnia und Mucor sei. So sollen nach Bail die Empusazellen in der Luft zu Mucor auswachsen, im Wasser zu Saprolegnia; Hoffmann führt ebenfalls an, die Entwicklung der Achlya aus Empusa beobachtet zu haben, ferner erhielt derselbe durch Impfen von Mucormycelium auf einen

lebenden Fisch Saprolegnia; auch Karsten sah das Hervorwachsen von Mucorhyphen aus den Empusasporen. Alle diese Angaben entbehren jedoch des directen, in diesem Falle allein entscheidenden Beweises für die Zusammengehörigkeit obiger Pilze, nämlich der Beobachtung, dass aus einem und demselben Mycelium hier eine sporenbildende Empusa, dort eine schwärmsporenbildende Saprolegnia in continuirlichem Zusammenhang mit einander hervorkommen. So lange dieser Nachweis fehlt, ist man daher genöthigt, die Resultate obiger Forscher in Zweifel zu ziehen. Uebrigens wachsen die Zellen der Empusa häufig zu Schläuchen aus, die eine ganz täuschende Aehnlichkeit mit Saprolegnia haben, aber nie Schwärmsporen, sondern immer nur eine Empusaspore bilden, worauf sie absterben.

Das rasche Wachsthum der Empusen und der in Folge dessen sehr bald eintretende Tod aller von ihnen befallener Thiere, geben uns ein deutliches Beispiel dafür, wie in der Natur verschiedene Organismen thätig sind, die allzugrosse Ueberhandnahme anderer zu verhindern. Diese Pilze dienen gleichsam als Regulatoren für eine gleichmässige Vermehrung zahlreicher Insecten und sie leisten uns oft, indem sie eine Menge dieser häufig bedeutenden Schaden anrichtenden Thiere vernichten, die besten Dienste.

Unsere Stubenfliegen werden noch von einem andern, höchst merkwürdigen Pilz befallen, der erst in neuester Zeit von Karsten*) entdeckt und von ihm unter dem Namen Stigmatomyces muscae näher beschrieben worden ist. Vor Kurzem lieferte Peyritsch**) eine sehr eingehende Untersuchung über diesen Schmarotzer, wobei er ihn Laboulbenia muscae nannte wegen seiner vollständigen Aehnlichkeit im ganzen Habitus mit Pilzen, welche Robin auf lebenden Käfern gefunden hatte. Mit der Kenntniss der Entwicklungsgeschichte von Laboulbenia ist auch die Natur ähnlicher Gebilde, welche man schon seit längerer Zeit auf der Oberhaut von Fledermausparasiten aus der Familie der Nycteribien sowie auf dem

*) H. Karsten. Chemismus der Pflanzenzelle. Wien 1869.

**) Dr. J. Peyritsch. Ueber einige Pilze aus der Fam. d. Laboulbenien. Sitz. ber. d. k. k. Akad. d. Wissensch. in Wien. LXIV. Band. 1871.

Käfer Nebria brunnea kannte, aufgeklärt worden; diese Pilzformen wurden früher für Thiere, für Würmer, gehalten oder als krankhafte Wucherungen der Chitinhaut erklärt. Die Laboulbenien bilden eine besondere Gruppe der Pyrenomyceten; sie bieten in ihrer Entwicklung Eigenthümlichkeiten dar, wie wir sie bei andern Pilzen nirgends wieder antreffen.

Die Laboulbenia muscae siedelt sich in Gestalt eines rothbraunen, wolligen Ueberzuges auf dem Thorax, dem Kopf und den Schenkeln der Fliegen an; findet sich aber auch an anderen Stellen der Körperoberfläche in einzelnen Gruppen. Der Parasit verbreitet sich während der Begattung von einer Fliege zur andern und daher kommt es, dass die Weibchen besonders am Rücken und Kopfe, die Männchen dagegen an den Beinen mit ihm behaftet sind. Im reifen Zustand unter dem Mikroskop betrachtet, lassen sich an dem Pilz folgende Theile unterscheiden.

Zunächst bemerkt man einen langen cylindrischen, zweizelligen Träger, welcher nach unten in ein kurzes Stielchen ausläuft, Fig. 58, A, a; die Membran dieses Trägers ist sehr dick und man kann an ihr drei Schichten erkennen; nach aussen eine derbe braun gefärbte, dann eine mittlere, gallertartige, von bedeutendem Durchmesser, endlich eine innerste farblose, welche den Zellinhalt unmittelbar umgiebt. Auf den Träger folgt ein aus vier Zellen bestehendes Fruchtlager, ebenfalls aussen wie der ganze Pilz braun gefärbt, Fig. 58, A, b. Das Perithecium, welches dem Fruchtlager aufsitzt, ist unten bauchig erweitert, von seiner Basis entspringt eine Anzahl acht Sporen enthaltender Asci, nach oben läuft es in einen verschmälerten, zugespitzten Halstheil aus, Fig. 58, A, d, an dessen Spitze die Sporen zur Zeit der Reife hervorkommen. Seitlich, am Ende des Trägers entspringend, befindet sich ein eigenthümliches zweigartiges Organ, Fig. 58 A, c, bestehend aus einer grösseren Basalzelle und einem gebogenen, mit Spitzen versehenen Theil, dessen Krümmung durch die schief in mehreren Lagen über einander liegenden Zellen hervorgebracht wird.

Die Sporen sind spindelförmig, Fig. 58 B, oft etwas gebogen, zweizellig und farblos, häufig wird eine Anzahl durch Schleim zu rankenförmigen Massen verklebt. Diese Sporen

keimen sogleich und man kann ihr Eindringen und ihr weiteres Verhalten an jeder mit Laboulbenia behafteter Fliege beobachten, denn es finden sich auf solchen stets sämmtliche Entwicklungsstadien des Pilzes.

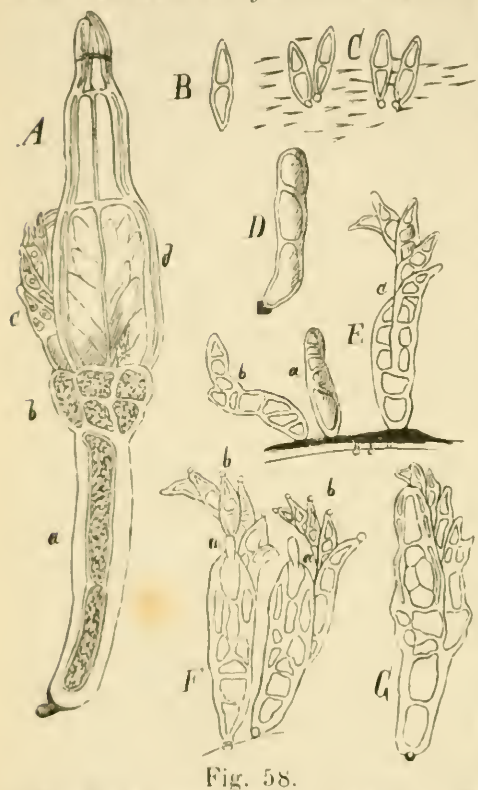


Fig. 58.

Laboulbenia muscae. A ein vollständig reifes Exemplar, a Stiel des Peritheciums, b Fruchtlager, c Seitenzweig, d Perithecium, im Innern die Asci (350); B eine reife Spore; C auf dem Flügel keimende Sporen (350); D erste Theilung in der oberen Zelle der Spore; E weiter entwickelte Zustände nach der Reihenfolge a, b, c, Anlage des Zweiges (450); F und G Zweig ausgebildet; Anlage des Peritheciums, bei F a der Befruchtungskörper, aus der obersten Zelle des Per. austretend, b kleine Tröpfchen, an den Endzellen des Zweiges hängend. (350) (nach Peyritsch)

Am besten eignen sich hiezu die Fälle, wo die Sporen auf den Flügeln sich festsetzen; man bemerkt dann, wie sie einen kurzen Fortsatz durch die obere Membran hindurch treiben, der sich braun färbt und dessen Ende kugelförmig anschwillt, Fig. 58, C; es ist derselbe als Haustorium zu betrachten, während ein eigentliches Mycelium diesem Pilz gänzlich fehlt. Nachdem die Sporen in dieser Weise sich festgesetzt haben, richten sie sich gerade in die Höhe und in der oberen Zelle entstehen nun vier schwach geneigte Wände, während von der unteren Zelle nur ein ganz kleines Stück herausgeschnitten wird, Fig. 58 E, a. Letzteres wird die Basalzelle des Zweiges, während die vier oberen Zellen die Anlage desselben selbst bilden und durch weitere Theilungen die einzelnen ihn zusammensetzenden

Etagen hervorbringen. In den untersten Zellen entstehen zwei Wände, in der vorletzten nur eine und die Endzelle bleibt ungetheilt; gleichzeitig wird das ganze Organ bedeutend zur Seite geschoben, Fig 58 E, b und die letzte Zelle einer jeden Lage mit einer Spitze versehen, Fig. 58 E, c.

Indessen ist in der unteren Zelle der Spore die Anlage der zwei Trägerzellen, des Fruchtlagers und des Peritheciums vor sich gegangen, indem zuerst eine Scheidewand auftrat, dann in jeder der so entstandenen Zellen eine neue. In diesem Zustand sitzt der Zweig bereits ganz auf der Seite, während die eben erwähnten Zellen sich gerade strecken und sehr schnell in die Länge wachsen. Das Fruchtlager kommt durch weitere Theilungen zu Stande und man erkennt in den oberen Zellen bald peripherische, pallisadenartig um centrale Zellen gestellte Zellenreihen, Fig. 58 F. u. G. So bildet sich der Bauchtheil und der Hals des Peritheciums, und sämmtliche Zellen desselben sind in drei Stockwerken über einander gelagert; die pallisadenartigen Zellen werden zur Wand des Peritheciums.

Es scheint nun eine Art von Befruchtungsvorgang stattzufinden, indem aus dem Scheitel der obersten Zelle des künftigen Peritheciums eine längliche farblose Protoplasmakugel hervortritt, während an den borstenartigen Spitzen des Zweiges sehr kleine kugelförmige Körperchen ausschwitzen, Fig. 58 F. b. Doch ist eine eigentliche Copulation nicht zu bemerken. Rasch nimmt jetzt der Pilz seine definitive Gestalt und Farbe an. Die obere Zelle der Spore ist also zur Anlage des Zweiges, die untere zu der des Peritheciums bestimmt, dieses selbst kommt aber manchmal in Folge von Abort nicht zu Stande.

Eine andere Art von Fortpflanzung als die beschriebene kennt man von der Laboulbenia muscae bis jetzt noch nicht, doch ist es anzunehmen, dass später noch eine conidientragende Generation für diesen Pilz aufgefunden wird wie bei anderen Ascomyceten. Auffallend ist es, dass die Fliegen durch die Anwesenheit des Parasiten durchaus nicht in ihrem Wohlbefinden gestört werden. Während die Empusa die befallenen Thiere rasch tödtet und sich in dem Innern des Körpers derselben verbreitet, siedelt sich die Laboulbenia nur auf der Oberfläche des Körpers an und die Thiere fliegen trotz des Schmarotzers munter und kräftig umher.

Die Entwicklung der auf Nycteribien und auf Nebria vorkommenden Laboulbenien ist im ganzen derjenigen von Laboulbenia muscae ähnlich; bei ersteren sitzt der Seitenzweig sehr tief und erreicht eine bedeutende Grösse, bei letzteren ist er ebenfalls sehr lang und oft gabelförmig getheilt.

Einen Pilz, der mit der Entwicklung der Empusa in einiger Beziehung steht, hat Cohn*) im Körper der gemeinen Wintersaateule, Noctua segetum, entdeckt, welche die Raps- und Roggenfelder in Schlesien verwüstete. Diesem Pilz giebt Cohn den Namen Tarichium megaspermum und die Krankheit heisst er schwarze Muscardine.

Bei Untersuchung einiger Raupen, welche sich in Ackererde eingebohrt hatten, zeigte sich nämlich, dass die meisten abgestorben waren und, statt zu faulen, sich in kohlschwarze trockne Mumien verwandelt hatten. Ihr Inneres war mit schwarzen, schon mit blossem Auge unterscheidbaren Körnern angefüllt, welche sich unter dem Mikroscop als ungewöhnlich grosse, tiefbraune, mit unregelmässigen Furchen bedeckte Sporen erwiesen, Fig. 59 D, so dass also die Raupen offenbar an einer tödtlichen Pilzkrankheit gestorben waren. Noch lebende Raupen waren matt und unempfindlich, mit zunehmender Krankheit färbte sich zuerst der Kopf schwarz, die Schwärzung schritt nach dem After zu fort und nach eingetretenem Tode besassen die Leichen eine kohlschwarze Farbe. Sie waren sehr zerbrechlich und bis auf den Darm mit einer schwarzen, zunderartigen, trockenen Masse angefüllt, aus jenen zahllosen, völlig undurchsichtigen, meist runden Sporen bestehend. Die Entwicklungsgeschichte des Pilzes hat Cohn nicht vollständig feststellen können: es gelang ihm weder das Eindringen des Pilzes in den Körper der Raupen zu beobachten, noch dieselben mit den Sporen zu inficiren.

Cohn beobachtete, wie das anfangs klare, gelbliche Blut der Raupen beim Erkranken schwarz wird; es schwimmen unter Desorganisation der Blutkörperchen unzählige schwarze Pünktchen in demselben, welche Molecularbewegung zeigen; später treten auch lebhaft bewegliche Bacterien und Vibrionen sowie zahlreiche Krystalle in Gestalt von Raphiden oder kli-

*) Cohn Beiträge zur Biologie der Pflanzen. I. 1870.

norhombischen Säulen auf, welche Cohn für oxalsauren Kalk hält. Diese Zerstörung des Blutes bewirkt der Pilz, der in Gestalt von kugligen oder schlauchförmigen Zellen frei im Blute schwimmt. Diese Schläuche [sind |von verschiedenster Gestalt, sichel- oder S-förmig; sie theilen sich durch Scheidewände in einzelne Glieder, welche tonnenförmig anschwellen und dann in einige kuglige Zellen zerfallen, Fig. 59 A. Einzelne blasenförmig aufgeschwollene Zellen verästeln sich, indem sie Aussackungen bilden, welche abgegliedert werden; sie nehmen so eine drei- oder mehrstrahlige Form an.

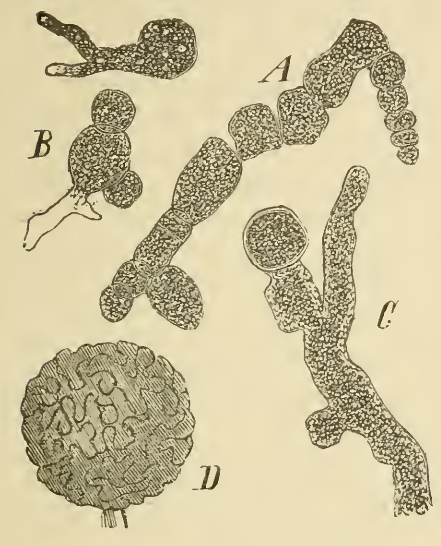


Fig. 59.
Tarichium megaspermum; A Gonidienkette, in die einzelnen Glieder zerfallend; B Keimung der Gonidien; C Mycelfaden, zur Spore sich umbildend; D reife Spore mit dem gewundenen Episporium. (400) (nach Cohn).

Die Bildung dieser Zellen erinnert an diejenige, welche die Hyphen von Mucor in Bierwürze etc. erfahren, wenn sie untergetaucht werden. Auch hier entstehen die wunderlichsten, an Reichhaltigkeit der Formen fast unbegrenzten Gebilde, welche Bail entdeckt und Gonidien genannt hat.

Diese Gonidien geben nun immer neuen den Ursprung; zuletzt keimen sie, Fig. 59 B, bilden lange verästelte Schläuche, welche zu einem dichten Mycelium verwachsen und den ganzen Leib des Thieres anfüllen. Die Spitzen ihrer Aeste schwellen an und entwickeln sich zu obigen braunen, mit dickem Episporium versehenen Dauersporen, Fig. 59 C. Der Pilz unterscheidet sich eben durch das Auftreten solcher Dauersporen, deren oft zwei nach Art der Teleutosporen vereinigt sind, und welche noch überdies im Innern des Thieres ausgebildet werden, von allen andern auf Insecten bekannnten.

In den Fällen, wo zwei Sporen mit einander entstehen, wird erst die obere reif und färbt sich dunkel, während die andere noch eine hellere Farbe besitzt. Um einzelne Sporen sah Cohn Aeste des Myceliums sich herumlegen, wie ein Antheridium um ein Oogonium, doch konnte wegen der Unregelmässigkeit dieser Erscheinung nicht festgestellt werden, ob ein wirklicher Befruchtungsact dabei vor sich geht.

Wenn die Sporen reif geworden sind, verschwindet das Mycel zum grössten Theil, nur einzelne Fäden desselben, welche sich reich mit Protoplasma füllen, bleiben als eine Art von Dauermycel erhalten. Der Inhalt der Sporen wird immer dichter und ölreicher, während die Raupe zur Mumie austrocknet. Die Sporen keimen erst nach langer Ruheperiode; dabei wird ihr Inhalt wieder gleichmässig, es entstehen Vacuolen darin, endlich wird das Episporium zerrissen und es tritt ein cylindrischer Schlauch oder eine biscuitartig eingeschnürte Masse von stark lichtbrechender Kraft hervor, welche sich verästelt, deren weiteres Verhalten aber nicht constatirt werden konnte.

Fresenius hat übrigens schon eine Art von Tarichium im Innern von Raupen des Kohlweisslings beobachtet und als Entomophthera sphaerosperma beschrieben. Eine andere Species ist die von Hoffmann in Blattläusen von Cornus sanguinea entdeckte, von Fresenius als Entomophthera Aphidis abgebildete. Beide Arten unterscheiden sich von Tarichium megaspermum durch die verschiedene Grösse ihrer Sporen.

Die Krankheitserscheinungen, welche durch Tarichium hervorgerufen werden, bieten manche Analogie mit jenen bei Cordyceps, Botrytis und Isaria beobachteten, doch kann an eine nähere Verwandtschaft dieser Pilze nicht gedacht werden. Auch die Entwicklung der Empusen ist eine verschiedene: Empusa muscae vermehrt sich im Blute durch hefeartige Sprossung; Empusa radicans durch Loslösung der äussersten ins Blut gelangenden Myceläste; Tarichium megaspermum durch einfache oder verzweigte Gonidienketten, welche in ihre einzelnen Glieder zerfallen. Cohn hält das Zusammengehören von Empusa und Tarichium insofern für möglich, als die Sporen der ersteren durch Austrocknen und Ueberwintern ihre Entwicklungsfähigkeit verlieren, so dass vielleicht die Sporen

von Tarichium Dauersporen für Empusa wären und aus ihnen im Frühjahr letzteres hervorginge. Ueber die Berechtigung zu dieser Vermuthung müssen erst weitere Untersuchungen entscheiden.

Bei allen den beschriebenen Insecten-Krankheiten sieht man also als directe Ursache der Erkrankung einen Pilz auftreten. Der Pilz haftet auf der Haut der Thiere, treibt durch dieselbe seinen Keimschlauch, und durch Aufnahme von Fett, Blut etc. als Nahrung vergrössert er sich. Es lässt sich bei Fliegen und Raupen ganz willkürlich durch Infection mit Sporen die Krankheit hervorrufen und lückenlos verfolgen.

de Bary und Brefeld machten die merkwürdige Beobachtung, dass die Insecten, z. B. die Raupen, wenn sie bereits mit thierischen Parasiten (Larven von Dipteren etc.) behaftet waren, vom Pilze nicht angegriffen werden. Es scheint also ein Antagonismus zwischen thierischen und pflanzlichen Parasiten zu bestehen.

Hallier, dessen Theorie sogleich entwickelt werden soll, hat ebenfalls mehrere Insectenkrankheiten, durch Pilze hervorgebracht, beobachtet. Eine Krankheit bei Seidenraupen, die Gattine, wird nach ihm durch Maulbeerblätter hervorgerufen, welche mit Pleospora herbarum behaftet sind.

Haberlandt*) fand bei Untersuchung des Blutes der Seidenraupen, welche von dieser Krankheit befallen waren, unzählige, sehr kleine, länglich ovale, bisweilen biscuitförmige Körperchen, die sog. Körperchen des Cornalia; im Innern mit zwei bis drei Kernchen, welche Haberlandt zu Folge austreten sollen, um durch Anschwellung wieder neue Körperchen zu bilden. Letztere zeigten oft amöbenartige Bewegungen und sie sollen ihrer eigenthümlichen Vermehrungsweise nach pflanzliche Organismen sein, welche einer specifischen Form angehören.

Als Ursache der Muscardine des Kiefernspinners giebt Hallier Fumago salicina an, welches auf Kiefernnadeln sich ansiedelt. Dieser Pilz soll gerade vom Magen und Darm aus seine Entwicklung nehmen; sich dann durch den ganzen Kör-

*) F. Haberlandt u. E. Verson. Studien über d. Körperch. des Cornalia. Wien 1870.

per verbreiten und das Blut der Raupen durch Gährung desorganisiren. Die Faulbrut der Bienen ist ebenfalls nach ihm eine Krankheit, welche durch mehrere Pilze eingeleitet wird.

Indem wir nunmehr auf Hallier's mycologische Untersuchungen übergehen, muss von vorn herein erwähnt werden, dass es bei der enormen Arbeitsleistung dieses Forschers in den letzten zehn Jahren und den so mannigfachen Publikationen desselben überaus schwierig ist, diese zahlreichen Beobachtungen nachzuprüfen, und dabei in gleicher Weise seine Schlüsse mit den Anforderungen der strengen Wissenschaft in Einklang zu bringen.

Noch lässt es sich bei den vielfachen, von fast allen Seiten dagegen erhobenen Einwendungen nicht übersehen, welche von seinen Resultaten sich doch als richtig erweisen werden; und sind wir daher genöthigt, bei der Vorführung seiner Ansichten mit aller Reserve vorzugehen, zumal es auch uns bei mehrjährigen, genau nach seiner Methode in unserem Laboratorium ausgeführten Arbeiten leider nicht gelungen ist, zu einer sicheren Entscheidung zu gelangen.

Die epidemischen Krankheiten der Insecten, deren Verlauf jetzt so genau bekannt geworden ist, bieten der Lehre Hallier's allerdings einen Stützpunkt und gestatten uns andererseits, wenn auch der so einfache Bau eines Insects von dem eines Säugethiers gänzlich verschieden ist, dennoch Schlüsse über ähnliche Krankheiten bei den höheren Thieren und beim Menschen zu ziehen.

Die Untersuchungen von Hallier über Infectionskrankheiten und dessen Hefetheorie.

Der Gedanke lag nahe, dass, wie bei den Pflanzen und den Insecten epidemische Krankheiten auftreten, welche von Pilzen ihre Entstehung herleiten, den contagiösen und miasmatischen Krankheiten der Menschen und Säugethiere ähnliche Ursachen zu Grunde liegen müssten. Bei manchen menschlichen Hautkrankheiten waren ja schon seit länger pilzliche Parasiten aufgefunden worden. Es ist daher von der höchsten Wichtigkeit, zu erfahren, ob auch innere Krankheiten durch solche Schmarotzer verursacht werden können. Auf diesem Gebiete der Forschung zeichnete sich nun Hallier aus, der zahlreiche Arbeiten über parasitologische Krankheiten veröffentlicht hat.*)

Hallier ist durch seine Untersuchungen zur Aufstellung einer besonderen Theorie über Hefe- und Schimmelbildung geführt worden.

Nach ihm ist die Zahl derjenigen Pilze, welche Hefe bilden können, eine sehr grosse. Schimmel und Hefe, sagt Hallier, lassen sich nicht trennen, denn derselbe Pilz, welcher als Schimmel vorkommt, bildet häufig auch Hefe. Ebenso

---

*) E. Hallier, Die pflanzlichen Parasiten des menschlichen Körpers. Leipz. 1866.

E. Hallier, Gährungserscheinungen. Leipz. 1867.

„ Parasitologische Untersuchungen. Leipz. 1868.

„ Phytopathologie. Leipz. 1868.

„ Zeitschrift für Parasitenkunde. 1869—1872.

ist Schimmel blos eine Form des Vorkommens der Pilze. Hauptsächlich aber stützt sich Halliers Lehre auf den Satz, dass jede Entwicklungsform der Pilze von der chemischen und physikalischen Zusammensetzung des Nährbodens abhängig ist. Dabei hat der Zutritt oder Abschluss der Luft den grössten Einfluss. Zur Ausbildung der Hefe ist erforderlich, dass der Nährboden flüssige Beschaffenheit hat. Auch bei der Hefe richtet sich deren Form nach der Beschaffenheit der gährenden Flüssigkeit. Hallier unterscheidet drei verschiedene Morphen von Hefe:

1) Die Kernhefe, Micrococcus; sie ist die Hefe der ammoniakalischen, der Gerbsäure-, der Buttersäuregährung etc.

2) Die Hefe der geistigen Gährung, auch Kugelhefe genannt, Cryptococcus.

3) Die Hefe der sauren Gährung, Gliederhefe, Arthrococcus.

Micrococcus ist diejenige Hefe, aus welcher alle übrigen hervorgehen: man findet oft alle drei Hefeformen beisammen in Substanzen, welche von einer Gährung in die andere übergehen, z. B. in menschlichen und thierischen Faeces, welche sich in faulendem Zustande befinden. Bei der alkoholischen Gährung geht der Micrococcus durch Anschwellen und Vermehrung durch Sprossung in Cryptococcus über, während Arthrococcus bei jeder sauren Gährung, wie Essig-Milchsäuregährung etc. entsteht. Letzterer vermehrt sich durch Theilung, seine Gestalt ist rundlich vierkantig und das Innere der Zellen zeigt ziemlich grosse, zahlreiche Kerne.

Der Micrococcus Hallier's nun bildet sich aus den Sporen der verschiedensten Pilze. Sät man z. B. die Sporen des gemeinen Pinselschimmels, Penicillium crustaceum, auf destillirtes Wasser, so treiben nur wenige Keimschläuche, welche sich äusserst langsam entwickeln. Die meisten Sporen quellen stark auf, ihr centraler Plasmakern und die Membran werden sichtbar. Der Plasmakern zerfällt bald darauf durch Zweitheilung in mehrere Kerne. Dieselben bilden Vacuolen um sich und dehnen die Sporenwand stark aus, so dass sie zuletzt gesprengt wird und die Kerne als äusserst kleine, bei den stärksten Vergrösserungen deutlich geschwänzte Schwärmer entlassen werden. Sie haben die Gestalt einer Kugel,

welche mit einer Geisel versehen ist, oder die eines sehr zugespitzten Kegels, Fig. 60 A. Dabei zeigen sie eine ganz bestimmte Bewegung, ähnlich der eines Brummkreisels, mit dem spitzen Ende nach unten.

Die Bewegung lässt sich durch Schwefelsäure rasch aufheben, ist also gänzlich verschieden von der Molecularbewegung.

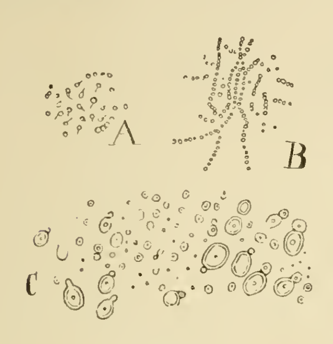


Fig. 60.
A. Micrococcus von Penicillium crustaceum (1500); B. Mycothrix-Ketten, aus dem Micrococcus auf Wasser gezogen; C. Hefezellen in Heidelbeersaft, aus dem Micrococcus von Penicillium crust. entstanden mit allen Zwischenstadien. (nach Hallier.)

Die Schwärmer kommen nach einiger Zeit zur Ruhe, strecken sich und bilden durch Einschnürung eine Doppelzelle. Diese Entwicklung nannte Hallier Leptothrix, ein Name, welchen Rabenhorst schon für eine Algengattung verwendet hatte, wesshalb ersterer jetzt den Ausdruck Mycothrix dafür gewählt hat. Jede einzelne Tochterzelle schnürt sich abermals ein und so fort, so dass zarte, längliche Ketten entstehen, Fig. 60 B. Es sind dies dieselben Zellketten, welche im Mundschleim und als Zahnbeleg in der Mundhöhle, ferner im Oesophagus, im Magen und allen Därmen des Menschen in grossen Mengen vorkommen. Hallier schreibt ihnen als Erreger von Zersetzung und Gährung eine wichtige Rolle beim Verdauungsprocess zu.

Es gelang Hallier, im Culturapparat, welcher unten beschrieben werden wird, durch Aussäen von Mycothrix aus dem Munde auf Zuckerwasser, Penicillium daraus zu erziehen. Mycothrix und Micrococcus verlangen einen starken Stickstoffgehalt in ihrem Nährboden. Im Wasser hört ihre Entwicklung, welche auf Kosten ihres eigenen Stickstoffs stattgefunden hatte, bald auf. Diese Mycothrixformen rechnen Andere unter die Algen und Hallier führt an, dass sie häufig mit Bacterien und Vibrionen verwechselt werden. Mycothrix zeigt nie Bewegung, während die echten Vibrionen stets schlangenartig windend sich bewegen. Letztere zählt Hallier

unter die Oscillarineen, mit deren Bewegung sie grosse Aehnlichkeit haben. Bacterium ist ein sehr unbestimmter Begriff; Pasteur und Andere verstehen Bruchstücke von Mycothrix u. dgl. darunter, nach Hallier sind Bacterien stets Pilzelemente ohne Bewegung. Mycothrix bildet sich immer an der Luft, niemals im Innern des Substrates, wie der Micrococcus. In stickstoffarmen, zuckerhaltigen Flüssigkeiten gehen beide in die Hefe der geistigen Gährung, Cryptococcus, über. Die Membran schwillt dabei stark auf, es entstehen im Innern Kerne, und man findet in einer solchen Flüssigkeit alle Uebergänge von Kernhefe bis zur fertigen Kugelhefe, Fig. 60 C.

Auch Cryptococcushefe brachte Hallier zum Keimen und zur Entwicklung von Penicillium. An der Oberfläche der gährenden Flüssigkeit bleiben die Zellen des Cryptococcus verbunden und bilden das von Andern als besondere Species beschriebene baumartig verzweigte Hormiscium, Fig. 61 A. Letzteres ist also der Entwicklung von Mycothrix vergleichbar, welche ja an der Luft aus dem Micrococcus hervorgeht.

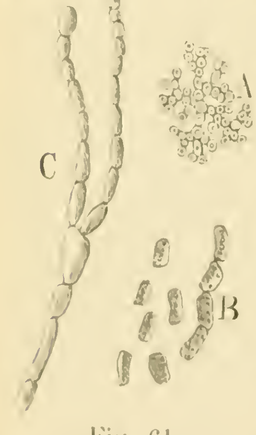


Fig. 61.
A Hormisciumartige Zellengruppe, aus Penicillium crust. in Zuckerwasser gezogen; B u C. Formen des Oïdium des Arthrococcus; in Milch. (nach Hallier.)

In Milch wird, wenn Penicilliumsporen hinein gebracht werden, erst Micrococcus aus diesen gebildet, welcher sich durch Theilung vermehrt und darauf, die Milch in saure Gährung versetzend, zu dem länglich eckigen Arthrococcus anschwillt, Fig. 61 B. An der Oberfläche der Milch keimen dagegen die Sporen und bringen, wie dies in solchem Fall auch der Arthrococcus thut, eine oïdiumartige Form hervor, Fig. 61 C.

Jeder Hefeart entspricht also eine Luftmorphe; letztere heissen bei den verschiedenen Gährungen Mycothrix, Hormiscium und Oïdium.

Die Hefen sind anaërophytische Formen ihrer betreffenden Pilze; Mycothrix, Hormiscium und Oïdium sind die Uebergänge in die ächten Luftformen „Schimmel", wie dies an

obigem Beispiel von Penicillium gezeigt ist. Die Hefen sind die Formen der Gährung und Fäulniss; Schimmel bezeichnet die Verwesung, die Oxydation.

Jede Gährung wird also nach Hallier's Theorie eingeleitet durch den Micrococcus der Sporen und den sich daraus entwickelnden Gebilden. Doch können die Sporen auch direct in die sprossende Form übergehen. Zwischen allen giebt es zahlreiche Mittelstufen und Uebergänge.

Achorion Schönleini ist die Oïdiumform von Penicillium crustaceum; Hallier hat in zahlreichen Culturen aus Achorion letzteres entwickelt und aus Penicilliumsporen ein zum Favus gehöriges Exanthem auf der Haut hervorgerufen.

Die Essigsäurehefe und ihr Keimungsgebilde an der Luft, Mycoderma aceti, verhält sich analog den obigen Hefen. Bei der Butter- und Gerbsäuregährung entsteht nur Micrococcus.

Werden die Sporen von Penicillium auf ein breiiges, stickstoffhaltiges und saures Substrat ausgesät, so bildet der entstehende Schimmel sehr grosse Conidien, Macroconidien, aus deren Keimung nach Hallier Mucor racemosus Fres. hervorgeht. Mucor und Penicillium stünden demnach also im Generationswechsel. Hallier heisst daher das Penicillium die Acrosporen-, den Mucor racemosus dessen aërophytische Thecasporen-Pflanze. Die Sporen von Mucor auf stickstofffreie, nasse Materien gesät, z. B. Zuckerwasser, sollen stets nur Penicillium erzeugen.

Aus Halliers Hefenlehre gienge hervor, dass jede Hefenzelle, sobald sie aus der gährenden Flüssigkeit herausgenommen und auf einem trockenen Nährboden dem Einflusse der Luft ausgesetzt wird, im Stande ist, zu keimen und den Pilz hervorzubringen, von welchem sie abstammt. Diese Beobachtung führte Hallier dahin, dass er in zahlreichen contagiösen Krankheiten Pilze als Ursachen derselben auffand. Denn nach Hallier sind hier immer Hefeformen derselben thätig. Man sieht aber auch aus Obigem, wie die Form der Pilze auf verschiedenem Boden und unter verschiedenen Verhältnissen sich so ausserordentlich vielfach gestaltet. Jede Pilzform geht in eine andere über, sobald die chemische Beschaffenheit des Nährmaterials sich ändert.

Diese Thatsache hat Hallier durch Zusammenstellung der

verschiedenen Entwicklungen einzelner Pilze in ganze Vegetationsreihen verwerthet.

Ausser den beschriebenen Morphen besitzen nämlich nach ihm die Pilze, welche Parasiten des Menschen sind, noch weitere höhere. Sie haben alle eine Ustilagineenform, eine Brandpilzform, welche in der Regel eine Hauptrolle im Entwicklungskreis spielt. Die Brandpilze kommen nicht an der Luft, sondern im Innern der Substrate zur Entwicklung, sie sind also anaërophytische Formen. Wenn der Steinbrand, Tilletia Caries, oder der Staubbrand, Ustilago carbo, z. B. an der Luft keimt, so entstehen nicht wieder die grossen gegitterten Brandsporen, sondern eine Form, welche der alten Pilzgattung Cladosporium entspricht. Es sind dies Luftformen mit endständigen Sporenreihen; die Sporen haben meist eine Scheidewand in der Mitte. Diese Cladosporien sind aber im Stande, wenn sie auf sehr nahrhaftem Boden stehen, höhere Fruchtformen auszubilden, welche Hallier als Schizosporangien bezeichnet. Von andern Forschern werden sie in verschiedene Gattungen und Arten untergebracht und sie bilden sich auf die Weise aus, dass die endständigen Sporen ihren Plasmainhalt durch Scheidewände vielfach theilen. Es entstehen dadurch mehrere Kammern, während das Ganze sich mit einem derben Episporium umgiebt. Jede von diesen Kammern verhält sich wie eine Spore, kann einen Keimschlauch treiben und Micrococcus entwickeln.

Wir haben also jetzt drei weitere Fruchtformen, eine anaërophytische Brandform und die zwei aërophytischen, die Sporenform und das Schizosporangium. Dazu kommt noch eine vierte, welche wohl als die höchstehende anzusehen ist, indem sie durch geschlechtliche Befruchtung entsteht. Tilletia Caries gehört nach Hallier zur Entwicklung des Penicillium crust. Aus den Sporen des letzteren soll man im Isolirapparat auf steifem Kleister Tilletia erziehen können. Die geschlechtliche Form des Penicillium aber soll Achlya prolifera sein (!). Der Staubbrand, Ustilago carbo, hat als eine Entwicklungsform den Kolbenschimmel, Aspergillus glaucus. Seine geschlechtliche Form ist Eurotium herbariorum.

Die Formen von Penicillium und Aspergillus treten übrigens bei den Culturen der Pilze so häufig auf, dass Hallier

sie gar nicht mehr als zu besonderen Arten gehörig, sondern als eine Luftform vieler Pilze betrachtet. Jedem entsprechen reife und unreife Morphen und es entsteht so z. B. für Ustilago folgendes Schema:

	Anaërophyt.	*Aërophyt.*	*Schizosporangium.*
Reife Formen:	Ustilago.	Cladosporium.	Stemphylium.
Unreife Formen:	Oïdium, Halbanaërophyt im Uebergangszustande.	Aspergillus.	Mucor Mucedo.

Hiezu kommt noch die geschlechtliche Entwicklung: Eurotium herbariorum und ausserdem die Hefeformen. Obige sechs Formen finden sich bei allen darauf untersuchten Pilzen, bei einigen können auch noch andere hinzutreten.

Dies ist die Theorie Halliers, welche, wenn sie richtig wäre, zeigen würde, dass der Pleomorphismus der Pilze ein fast unbegrenzter ist.

Was nun insbesondere die Infectionskrankheiten betrifft, welche nach Hallier durch Pilze hervorgerufen werden sollen, so ist es stets nur der Micrococcus, welcher sie verursacht. Dieser Micrococcus hat bei jedem Pilz eine andere Gestalt und Grösse, es gehören aber ausserordentlich starke Vergrösserungen dazu, um dies zu erkennen; jeder bewahrt den Character des Pilzes, dem er seine Entstehung verdankt. Auch aus rein vegetativen Pilzfäden kann sich Micrococcus ausbilden.

Sind sehr grosse Mengen von Micrococcuszellchen auf eine Stelle zusammengedrängt, die sich fortwährend theilen und seitliche Anastomosen mit einander bilden, so entsteht ein Rasen, Mycothrix-Filz, welcher grosse Aehnlichkeit mit einem Sclerotium hat. Die Sporen mancher Pilze theilen ihren Inhalt bei der Micrococcusbildung in der Art, dass die neu entstandene Hefe ihrer Form nach der Sarcina ventriculi ähnlich wird. Es sind die einzelnen Zellen durch wiederholte Zweitheilung enstanden und sie bilden zuletzt viereckig rundliche Ballen, die durch eine gelatinöse Masse zusammengehalten werden. Diese Entwicklung nennt Hallier Colonienhefe.

Als Schimmel kommen die Pilze nicht im Organismus

vor, weil dieselben eine sauerstoffhaltige Luft zu ihrer Entwicklung nöthig haben. Höchst selten fand man Aspergillus und Penicillium im Gehörgang, in der Lunge oder auf der aussern Körperfläche, doch ist dies Zufall und nicht mit bestimmten Leiden zusammenhängend.

Favus, Herpes, Mentagra sind Krankheiten, welche von Entwicklungszuständen des Penicillium ihre Entstehung ableiten. Durch Einreiben der Pinselconidien desselben gelang es, sie auf der Haut hervorzurufen. Pityriasis versicolor ist die Achorionform des Aspergillus. Die Caries der Zähne ist ebenfalls neben mitwirkenden chemischen Einflüssen parasitärer Natur. Es treten dabei grosse Mengen von Micrococcus, und längere oder kürzere Mycothrix-Glieder auf, welche in den Zahn eindringen.

Die Infectionskrankheiten würden nach Hallier durch den Micrococcus der verschiedensten Pilze hervorgerufen; derselbe vermag durch die feinsten Capillargefässe im Körper hindurchzudringen. Dabei treten die einzelnen Micrococcuszellchen entweder im beweglichen, schwärmenden oder ruhenden Zustande auf.

Um nun festzustellen, dass die ansteckenden Krankheiten der Menschen durch pflanzliche Parasiten verursacht werden, ist der Beweis zu liefern, dass der Micrococcus oder überhaupt der Entwicklungszustand eines Pilzes vorhanden und dass derselbe lebens- und keimfähig ist. Man müsste also daraus alle die höheren Morphen des Pilzes heranziehen, von welchen er abstammt.

Es sind von Hallier verschiedene Culturapparate contruirt worden, welche er für solche Untersuchungen angewendet hat. Sie bezwecken hauptsächlich, dass die Cultur abgeschlossen von der gewöhnlichen Luft, welche so viele Unreinigkeiten, Sporen, Bacterien etc. enthält und unter Zutritt von reiner, filtrirter Luft vor sich geht. Die Entwicklung des Pilzes wird dabei entweder Schritt für Schritt unter dem Mikroskop beobachtet, oder erst das Endresultat zur Untersuchung verwendet. Für letzteren Zweck eignen sich besonders die Apparate, welche Pasteur angegeben hat. Ein weithalsiges Glas nemlich ist mit einem gut schliessenden Stöpsel versehen, in welchem ein oder zwei nach abwärts gebogene Glasrohre sich

befinden. Der Apparat wird vor dem Gebrauche sorgfältig mit absolutem Alkohol gereinigt. Man bringt dann das ausgekochte oder sonst desinficirte Nährsubstrat, auf welchem sich etwas von dem zu cultivirenden Krankheitsstoff befindet, hinein und verschliesst sorgfältig. Pasteur hat nachgewiesen, dass in solche Gefässe die Sporen etc. der atmosphärischen Luft wegen ihrer Schwere nicht gelangen können, während doch ein langsamer Zutritt von Luft stattfindet.

In neuerer Zeit construirte Hallier einen Culturapparat, welcher eine fortwährende Beobachtung unter dem Mikroskop gestattet, so dass damit die ganze Entwicklungsgeschichte des Micrococcus festgestellt werden könne. Derselbe ist mit einiger Abänderung folgendermassen zusammengesetzt. Ein Culturgefäss mit ebenem Boden aus sehr reinem Glase steht fortwährend auf dem Objecttisch des Mikroskops. Dasselbe muss möglichst niedrig sein; es besteht aus einer cylindrischen Glaswanne und ihr Rand ist oben sehr eben geschliffen. In diese Wanne kommt nach vorheriger Desinfection mit Alkohol etwas destillirtes Wasser, dann wird eine reine Glasplatte aufgekittet, welche mit drei Löchern versehen ist. Das mittlere Loch ist ziemlich gross, auf dasselbe wird ein Deckglas gelegt, nachdem auf dessen Unterseite ein Tropfen Nährflüssigkeit und dazu ein wenig vom Krankheitsstoff gebracht worden ist. Man fixirt eine Stelle unter dem Mikroskop, welche man unausgesetzt zu beobachten im Stande ist. Der angewendete Tropfen muss sehr klein sein, weil sonst ganz unvermeidlich das Gesichtsfeld verändert wird. Ueberhaupt ist es mit den grössten Schwierigkeiten verbunden, ein und dieselben Körper bei ihrer Entwicklung fortwährend im Auge zu behalten; bei diesen so sehr kleinen Körpern steigert sich diese Schwierigkeit fast bis zum Unmöglichen.

In den zwei andern Oeffnungen der Glasplatte nun werden kleine gebogene Glasröhrchen festgekittet. Das eine steht mittelst Kautschuk- und Glasröhre mit einer Wulf'schen Flasche in Verbindung, welche concentrirte Schwefelsäure enthält. Von dieser Schwefelsäure führt eine Verbindung zu einem etwa 1½ Fuss langem Rohr, in welchem sich Baumwolle, die in absolutem Weingeist gelegen hatte, befindet. Das andere Röhrchen des Culturgefässes trägt einen Kaut-

schukschlauch, welcher mit einem ebenso wie oben hergerichteten mit Baumwolle gefüllten Glasrohre in Verbindung steht. Von diesem Glasrohr führt dann eine weitere Verbindung zu einer kleinen Luftpumpe.

Der ganze Apparat muss vor dem Gebrauch sorgfältig mit Weingeist gereinigt werden. Absoluter Alkohol ist nämlich das beste Mittel, die fremden Sporen etc. zu tödten; derselbe zerstört wegen seiner wasserentziehenden Eigenschaft alle lebenden Zellen und Protoplasmagebilde.

Wird an der Luftpumpe der Stempel in die Höhe gezogen, so dringt Luft durch das erste Baumwollenfilter; hier werden die Unreinigkeiten zurückgehalten; sie gelangt nun durch die Schwefelsäure ins Culturgefäss, von da ins zweite Baumwollenfilter und wird durch Niederstossen des Stempels wieder entfernt. Die Schwefelsäure würde etwa mitgerissene Unreinigkeiten vollends unschädlich machen, besonders aber dient sie zur Controlle des luftdichten Verschlusses im Apparat; in diesem Falle steigen mit lautem Geräusche die Luftblasen darin in die Höhe, was bei mangelhaftem Verschlusse nicht der Fall ist. Das zweite Baumwollenfilter hat blos den Zweck, Unreinigkeiten abzuhalten, welche etwa von der Luftpumpe aus ins Culturgefäss gelangen könnten.

Der beschriebene Apparat bietet also den Vortheil, dass in den flüssigen oder durchsichtigen Nährsubstraten die einzelnen Zellchen in ihrer Entwicklung bei immer frischer Zufuhr von absolut reiner Luft beobachtet werden können.

Ein anderer Apparat, um denselben Zweck zu erreichen, wobei aber keine Luftzufuhr stattfindet, ist die Hilgendorf'sche Zelle. Auf eine Glasplatte wird ein einige Linien hoher Ring gekittet, in das dadurch entstandene Gefäss kommt etwas destillirtes Wasser und darauf ein Deckglas, auf dessen Unterseite etwas von der Culturflüssigkeit und dem Krankheitsstoff angebracht wird. Hier findet wegen des Luftmangels die Entwicklung nur sehr langsam und unvollkommen statt.

Mit obigen Hülfsmitteln hat Hallier das Blut, die Auswurfstoffe etc. bei vielen Infectionskrankheiten untersucht und cultivirt. Er glaubt mit den beschriebenen Apparaten den Beweis geliefert zu haben, dass sein Micrococcus keim- und entwicklungsfähig ist.

Als Beispiel hierfür wollen wir seine Untersuchung von dem Micrococcus anführen, welchen er im Blute bei Hundswuth vorfand. Er brachte einen kleinen Tropfen eines aus Zucker und weinsteinsaurem Ammoniak bestehenden Nährsubstrates auf ein Deckglas, mischte etwas vom Blute hinzu und setzte darauf das Deckglas auf das Culturgefäss seines oben beschriebenen Apparates. Er beobachtete nun, wie die zahlreich vorhandenen punktförmigen Micrococcuszellchen allmählich anschwollen, Fig. 62 A, sogenannte Sporoïden bildeten, dann zu Hefe wurden, welche nach einigen Tagen die Flüssigkeit in Gährung versetzte und sich durch Sprossung vermehrte.

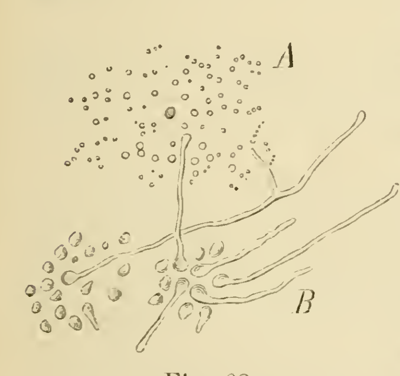


Fig. 62.
A Micrococcus von Hundswuth, zu Sporoïden anschwellend; B die Sporoïden keimend (nach Hallier). (250).

Als der Nährboden allmählich trockner wurde, hörten die Zellen auf zu sprossen, sie entwickelten lange Keimschläuche, Fig. 62 B, welche sich verästelten, und einzelne solcher Aeste brachten zuletzt mit zahlreichen Conidienketten besetzte Pinsel, Hallier's penicilliumartige Luftform der Pilze, hervor. Weiter ging aber die Entwicklung auf diesem Nährboden nicht. Auf Früchten, saftigen Wurzeln, Kork etc. erzog Hallier die übrigen Formen des Pilzes, ein Cladosporium, sowie ein Schizosporangium, welches er Lyssophyton suspectum nannte.

Eine vollständige Entwicklungsreihe aller Formen hat Hallier z. B. auch bei dem Pilze aufgefunden, welcher den Scharlach veranlassen soll. Er fand im Blute daran Erkrankter eine ungeheure Masse von Micrococcuszellen; weisse und rothe Blutkörperchen zahlreich damit besetzt. Die Keimung dieses Micrococcus kann auf verschiedenen, nicht zu nassen Substraten beobachtet werden. Jeder Coccus treibt einen Keimschlauch, welcher sich verzweigt und verästelt. Es entstehen durch Anastomosen der Hyphen sclerotienähnliche Co-

lonieen. In nahrhaftem, stickstoffreichem Substrat, z. B. in Stärkekleister mit phosphorsaurem Ammoniak, entstehen grosse, dunkelbraune Sporen einer Tilletia; Hallier nannte sie Tilletia scarlatinosa. Diese anaërophytische Pilzform wird von den Keimfäden nur im Innern des Substrats hervorgebracht; an der Luft dagegen entstehen Fruchthyphen mit Aërosporen in Form eines Cladosporium. Auf Pflanzengeweben bildet sich aus dem Micrococcus Scharlachkranker das Schizosporangium aus. In mehr flüssigen Substraten dagegen entstehen die unreifen Formen, die Schimmel, nämlich Macroconidien und eine verticilliumähnliche Form, und zwischen ihnen finden sich alle Uebergänge aus der einen in die andere. Auf stickstoffreichem, nassem Boden bildet sich die Morphe mit Mucorkapseln.

Die Auffindung seiner sechs Entwicklungsformen glaubt Hallier bei den meisten Infectionskrankheiten, so auch bei der Ruhr und der amerikanischen Rinderpest, nachgewiesen zu haben.

Bei Cholerakranken hat er im Darmkanal derselben einen Pilz gefunden, welcher sog. Cysten bildet, deren Micrococcus diese Krankheit verursachen soll. Hallier giebt an, das dies eine besondere Morphe des gewöhnlichen Penicillium ist, welche aber bei uns nicht vorkommt und sich wahrscheinlich nur in Indien bei hoher Temperatur auf der Reispflanze entwickelt. Bisweilen sollen diese Cysten, die Schizosporangien von Tilletia Caries, auch im Darmkanal Cholerakranker vorkommen und Hallier erzog auch auf Reissblättern bei gesteigerter Temperatur aus Cholerastühlen einen Pilz, welcher mit diesen Cysten übereinstimmt.

Als Ursache der Syphilis giebt Hallier einen Pilz an, welchen er Coniothecium syphiliticum nennt und der merkwürdigerweise in allen seinen Entwicklungsformen gar nicht zu unterscheiden ist von dem Pilz, welcher die Rotzkrankheit der Pferde verursachen soll. Den Tripperpilz heisst er Coniothecium gonorrhoïcum Die Theeasporenform dieses Pilzes ist von allen Mucorarten verschieden, Hallier heisst ihn daher Mucor gonorrhoïcus. Säe man Rotzblut oder das Blut Syphilitischer, welches den Micrococcus der genannten Pilze enthält, auf eine concentrirte Lösung von phosphorsaurem Am-

moniak und Zucker zu gleichen Theilen, so gehe aus den anschwellenden und keimenden Sporoïden nach einigen Tagen das Coniothecium hervor, welches sich im Innern des Nährsubstrates ausbildet, während an der Luft ein Cladosporium entsteht. Das Plasma der Coniotheciumfrüchte zerfällt aber rasch in Micrococcus.

Beim Typhus sah Hallier im Blut Micrococcus, aus dem er als Thecasporenform Rhizopus nigricans, als Acrosporenform aber ein Penicillium grande erzog. Ebenso fand er den Micrococcus von Pilzen thätig bei Schaafpocken; bei Kuhpocken und bei Blattern; bei letzteren soll es der von Eurotium-Perithecien sein. Bei Diphtheritis fand er ebenfalls den Micrococcus eines Pilzes, Diplosporium fuscum, welcher auch in braunen Sporangien und als Fadengeflecht auf den diphtheritischen Membranen vorkommt. Bei den Masern findet sich Micrococcus im Blute in grosser Menge, Hallier nimmt an, dass es derjenige von Mucor mucedo Fres. sei.

Bevor wir nun auf die gegen Hallier vorzubringenden Einwendungen Anderer übergehen, halten wir es für Pflicht, um die Unbefangenheit unserer Stellung und den vollen Ernst seiner Ueberzeugung zu documentiren, einige Sätze aus seinen parasitologischen Untersuchungen hier wörtlich anzuführen. Er sagt:

„Wer die neueren Untersuchungen über Contagien sowie überhaupt über pflanzliche Parasiten auf Thieren und Menschen mit Aufmerksamkeit verfolgt, dem kann es nicht entgangen sein, dass überall, wo man der Ursache einer parasitischen Krankheit näher auf den Grund geht, diejenige kleinste und einfachste Hefeform, welche ich Micrococcus genannt habe, eine grössere oder geringere Rolle spielt.

„Dass meine seit 5 Jahren unausgesetzt auf die Hefebildungen gerichteten Arbeiten die alten dogmatischen Theoreme von der Gährung und Hefebildung zum Umsturz brachten, ist sehr begreiflich; aber die noch lebenden Vertreter jener Ansichten sollten doch wahrlich einsehen, dass sie nicht die Wissenschaft zum Abschluss gebracht haben.

„Wer zu beurtheilen im Stande ist, wie solche Arbeiten Opfer an Zeit, Geld und Kraft, an Leben und Gesundheit erfordern, wer eine Vorstellung davon hat, wie ich nun seit

Jahren keinen anderen Gedanken gehabt habe, als die Nutzbarmachung der Hefelehre für die Pathologie, wie ich ausser zahlreichen Amts- und Berufsgeschäften an der Universität täglich 6—8, oft monatelang 10—12 Stunden, am Mikroskop gesessen und dann noch spät Abends das am Tage Beobachtete und Scizzirte ausgearbeitet habe; wer es mit mir empfindet, wie ich bei den Culturen mit Blatternlymphe und anderen Ansteckungsstoffen im Wohn- und Arbeitszimmer das Leben der Meinigen — um von meinem eigenen nicht zu reden — auf das Spiel gesetzt habe, der wird mir nicht zumuthen, auf blosse Invectiven gegen mich zu antworten.“

Die Begründung der von de Bary und Anderen gegen Hallier vorgebrachten Einwendungen.

Wir sehen, wenn wir Hallier's Resultate überblicken, dass es meist ganz gewöhnliche Schimmelpilze sind, welche er als Ursache der verschiedensten Krankheiten aufgefunden hat. Es muss zum mindesten auffallen, dass diese so allgemein in jeder Jahreszeit verbreiteten Pilze doch immer nur zeitweise den Menschen befallen und erkranken machen sollen. Hallier's Untersuchungen riefen denn auch die verschiedensten Beurtheilungen hervor. Vom medicinischen Standpunkt aus ist seine Lehre vom Micrococcus meist mit Freuden acceptirt worden, da sie in der That eine sehr wahrscheinliche Erklärung für die Ursache der ansteckenden Krankheiten liefert. Die Botaniker jedoch konnten sich zum allergrössten Theil mit seinen Ansichten durchaus nicht befreunden. Eine solche ungeheure Wandelbarkeit in den Formen, wie sie nach Hallier

die Pilze besitzen sollen, konnte von Andern nicht bestätigt werden. Auch gelang trotz der grössten Sorgfalt der anscheinend so einfache Fundamentalversuch andern Forschern niemals, nämlich, wie oben beschrieben wurde, aus den Sporen eines Pilzes Micrococcus zu erziehen und denselben aus der Spore ausschwärmen zu sehen. Die meisten Forscher glaubten sich vielmehr zu überzeugen, dass dieser Micrococcus für nichts anderes als Detritus anzusehen sei, von Auflösung der Sporenmembran und Austreten des Plasmainhaltes derselben herrührend. Auch hat man es bei diesem Versuch viel mit eingewanderten Bacterien zu thun. Am allerwenigsten gelang es, solchen vermeintlichen Micrococcus zur weiteren Entwicklung zu bringen. Damit müsste aber auch die ganze Hallier'sche Ansicht von der Zusammengehörigkeit gewisser Pilze fallen.

Leider hat dieser Streit die Gestalt einer sehr leidenschaftlichen Polemik angenommen, wodurch aber die Sache wohl um keinen Schritt weiter kommen wird. Vielmehr kann sie nur dadurch endgiltig entschieden werden, dass Hallier's Untersuchungen eben noch sorgfältiger nachzuprüfen sind. Denn wenn Andere negative Resultate bekommen haben, so kann dies ja auch in den verschiedensten Fehlerquellen liegen, die bei der ausserordentlichen Schwierigkeit solcher Untersuchungen fast unvermeidlich sind und die grösste Vorsicht in der Beurtheilung nöthig machen. Auch verlassen uns hier bei der excessiven Kleinheit der Körper unsere optischen Hülfsmittel. Kein Wunder, wenn sich darum so verschiedene Ansichten Geltung zu verschaffen suchen.

Es würde hinreichend sein, wenn man bei einer einzigen Infectionskrankheit das Vorhandensein des Micrococcus im Körper und seine ganze vollständige Entwicklung ausserhalb desselben mit unumstösslicher Sicherheit nachweisen könnte, um Hallier's Lehre zur Gewissheit zu erheben. Sehr wichtig wäre es aber auch, Versuche auszuführen, ob durch Einimpfen von „Micrococcus“ des betreffenden Pilzes oder von Sporen desselben die Krankheit hervorgerufen werden kann. Während bei den Pflanzen und bei Insecten, wie wir gesehen haben, jedes Individuum der Erkrankung gleichmässig ausgesetzt ist,

scheint beim Menschen eine besondere Prädisposition dazu erforderlich zu sein.

Einer der grössten Gegner von Hallier ist de Bary. Derselbe wirft jenem Manches vor, welches allerdings geeignet ist, ganz bedeutenden Zweifel an der Richtigkeit vieler seiner Resultate hervorzurufen.

Den Entgegnungen de Bary's ist ein um so grösseres Gewicht beizulegen, als diesem Forscher das grosse Verdienst gebührt, zuerst in ausgedehntem Maasstabe bei der entwicklungsgeschichtlichen Untersuchung der Pilze eine Methode angewendet zu haben, welche alle Täuschungen ausschliesst und nothwendig zu sicheren Ergebnissen führen muss. Er verfolgte nemlich die Entstehung der Pilze in der Weise, dass er gegenüber den Massenkulturen das Verhalten einer einzigen Spore auf geeignetem Substrat beobachtete und so in den Stand gesetzt war, die Bildung des Myceliums, die etwa auftretende geschlechtliche Befruchtung, endlich die verschiedenen Fortpflanzungsorgane als ganz bestimmt aus dieser Spore entstanden zu bezeichnen. Gedenkt man der grossen Wandelbarkeit, des raschen Wachsthums und des eben so raschen Vergehens der Pilze, welche in ihren verschiedenen Lebensstadien oft völlig von einander abweichende Formen annehmen, so bietet diese Art der Untersuchung allein die sichere Garantie der Richtigkeit. de Bary ist es auch dadurch gelungen, in vielen Gebieten der Mycologie den Zweifel zu beseitigen und Klarheit in die Beobachtungen zu bringen.

Den Micrococcus, auf welchen sich ja die ganze Hallier'sche Theorie stützt, hat de Bary nicht auffinden können. Die Schizomycetenformen sind überall in der Luft und in Flüssigkeiten verbreitet; ferner platzen viele Sporen in für sie ungeeigneten Nährsubstanzen und entleeren ihren Inhalt in Körnern; es sind also Körper genug vorhanden, durch welche Hallier getäuscht wurde und die er für seinen Micrococcus angesehen hat. Die Schizomyceten zeigen aber, führt de Bary weiter aus, ganz andere Structureigenthümlichkeiten, wie die ächten Schwärmsporen; sie haben kein terminales Wachsthum, wie die Pilze, vielmehr ist ihr ganzes Verhalten dem der Algenfamilie der Nostocaceae ähnlich.

Dass der Micrococcus unmöglich ist, ergiebt sich nach

de Bary auch daraus, dass man sehr wohl die Verhältnisse kennt, unter welchen die Pilze keimen und wann sie dies nicht thun. Sodann liegt der Hauptbeweis, ob zwei Entwicklungszustände eines Pilzes zusammengehören, jedenfalls nur in der directen Beobachtung des Zusammenhanges der einzelnen Fruchtformen an einem einzigen Mycelfaden. de Bary behauptet aber, dass, da Hallier dies nicht nachweise, dessen Znsammenstellung in Entwicklungsreihen eine ganz willkürliche sei. Und daher komme es auch, dass alle Bemühungen de Bary's und Anderer, Hallier's Aussprüche als richtig zu erkennen, zu gegentheiligen Resultaten geführt haben. Auch ist es nicht immer zu erkennen, ob Halliers Micrococcuskörnchen selbstständige kleine Zellen, oder ob sie andere kleine punktförmige Körper sind.

Als hauptsächlichsten Angriffspunkt gegen Hallier ersieht sich de Bary dessen Choleratheorie. Man muss nun sofort bekennen, dass dies der allerwundeste Fleck in allen Untersuchungen Halliers ist. Er lässt sich die Darmausleerungen Cholerakranker zuschicken; diese haben vielleicht schon eine zeitlang, bevor sie in eine Flasche gebracht wurden, in dem mit Sporen verunreinigten Krankenzimmer gestanden und überdies unterwirft sie Hallier meist erst nach geraumer Zeit der Untersuchung. Muss man nicht einsehen, dass alle möglichen Sporen und Bacterien der Luft ganz gemächlich in dem Untersuchungsobject sich niederlassen und vermehren konnten?

de Bary untersuchte frischen Cholerastuhl, in welchem Bacterien und ähnliche Formen spärlich vorkamen; nach eintägigem Stehen aber hatten sie sich massenhaft vermehrt. Ebenso beobachtete er in dem Stuhlgang eines Cholerakranken und in dem eines gesunden Menschen das Auftreten solcher Körperchen in gleicher Häufigkeit.

Hallier findet in solchen Ausleerungen ausser dem „Micrococcus“, Cryptococcus, Oïdium, Penicillium und sog. Cysten. Er musste folglich nach dem bekannten Entwicklungsgang dieser Pilze dieselben nach einiger Zeit in seinem Culturapparat in frischen Exemplaren wieder erhalten. Denn Cryptococcus und Penicillium entwickeln eben nach de Bary wieder Cryptococcus und Penicillium und Nichts weiter. Ebenso hat dieser Forscher auch bei der Keimung von Oïdium lactis immer nur den Keimschlauch und aus diesem die Re-

production derselben Pflanze gesehen. Und was die Cysten betrifft, welche Hallier im Cholerastuhl fand, so sind sie nach de Bary nichts weiter als die von Bail entdeckten Brutzellen des Mucor; die runden Körper aber in ihrem Inhalte sind Fetttropfen und keine Sporen, denn sie zerfallen beim Keimen der Brutzellen. Hallier musste natürlich aus diesen Conidien in seinem Culturapparat auch wieder den typischen Mucor ernten.

Wenn nun Hallier alle obigen Formen in einen Generationswechsel stellt und diesen eine Entwicklungsreihe nennt, so hat er nirgends den wichtigen Beweis geliefert, dass die betreffenden Pilze wirklich in organischem Zusammenhang mit einander stehen.

Auch an den Fadenenden des verästelten Myceliums von Penicillium glaucum kommen zuweilen theils endständig, theils interstitiell oder in Reihen verbunden, blasenförmige Auftreibungen von tonnen- oder eiförmiger Gestalt vor, welche wandständiges Protoplasma enthalten. Es sollen dies nach de Bary Hallier's Macroconidien sein, und sie können ebenfalls demselben zur Verwechslung Gelegenheit gegeben und zur Annahme von Cysten gedient haben. Die Untersuchungen Anderer haben nicht die von Hallier behauptete Zusammengehörigkeit von Penicillium und Mucor ergeben. Von letzterem sind vielmehr als Fortpflanzungsorgane nur die Sporangien mit den Sporen, die Zygosporen und die Gemmen bekannt. Alle bringen wieder ihre Stammpflanze hervor, ohne Micrococcus zu bilden. Ebenso ist es mit den Gittersporen von Tilletia Caries. Auf jungen Weizenpflanzen keimen sie, treiben ein Promycelium hervor, welches Sporidien abschnürt und letztere entwickeln sich eben nur, wenn sie wieder auf die Weizenpflanze gelangen. Im andern Fall sterben sie rasch ab und sie bilden sich auf Kleister etc. nicht zu anderen Pilzformen um. Hallier behauptet in seiner Untersuchung über Cholera, dass eine besondere bei uns nicht vorkommende Morphe des Steinbrandes, Tilletia Caries, durch ihren Micrococcus die Cholera veranlasse. Er nannte diese Form Urocystis cholerae, jetzt heisst er sie einfach die Schizosporangien von Tilletia Caries. Diese Urocystis soll den Reis bewohnen und sich nur bei hoher Temperatur, bisweilen auch

im Darm der Cholerakranken, entwickeln. Bei uns aber kommen die Urocystis-Arten, ausser einer, welche sich auf Roggen findet, nicht auf Gräsern vor; ferner zeigen sie eine ganz andere Gestalt als die von Hallier bezeichnete; und sie keimen ebenfalls ganz regelmässig, ohne Micrococcus zu bilden oder irgend eine Schimmelform.

Die Haupteinwände de Barys gegen Hallier sind also:

1) Der directe Beweis für die Bildung von Schwärmern, d. h. Micrococcus aus Pilzsporen existirt bis jetzt nicht.

2) Halliers Untersuchungen wurden mit unreinem, altem Material angestellt, in welchem theils die schon vorhandenen Pilze etc. sich vermehren konnten, theils neue Pilzkeime aus der Luft sich beimischten.*)

3) Halliers Zusammenstellungen als autonom anerkannter Pilze sind unrichtig; er versäumt stets den directen Beweis des Zusammenhangs einer Form mit der andern anzugeben und schliesst die Zusammengehörigkeit bloss aus dem gemeinsamen Vorkommen und der Aufeinanderfolge.

Die Einwürfe der übrigen Gegner von Halliers Untersuchungen sind im Wesentlichen dieselben, wie sie eben von de Bary angeführt wurden und sie gelten natürlich nicht blos für Hallier, sondern auch für alle die übrigen Forscher, welche einen Micrococcus und die Entwicklungsfähigkeit desselben zu höheren Pilzformen gefunden zu haben glauben. Uebrigens ist, wie wir weiter unten sehen werden, an der Gegenwart von Micrococcus-ähnlichen Gebilden, d. h. äusserst kleiner, runder, durch Schleim in Unzahl mit einander verbundener

*) Prof. Hallier verwahrt sich aufs nachdrücklichste gegen diese Beschuldigung; er versichert, stets die peinlichste Sorgfalt und die grössten Vorsichtsmassregeln darauf verwendet zu haben, ganz vollkommen reines Untersuchungsmaterial für seine Beobachtungen sich zu verschaffen. Besondere Aufmerksamkeit widmete er immer den ersten mit den Krankheitsstoffen von ihm vorgenommenen Versuchsreihen, und nur dann erlaubte er sich, seine Schlüsse zu ziehen, wenn er nach oftmaliger Wiederholung und sorgfältiger Prüfung die feste Ueberzeugung gewonnen hatte, jede täuschende Fehlerquelle vermieden zu haben.

Hallier erbietet sich, jedem mit den nöthigen Vorkenntnissen Versehenen, der ein paar Wochen in seinem Laboratorium in Jena arbeiten wolle, den sicheren Nachweis von der Richtigkeit aller seiner Ansichten vor Augen zu führen.

Körperchen, bei menschlichen Infectionskrankheiten nicht im Mindesten zu zweifeln und dieselben stehen in unmittelbarer Verbindung mit den dabei im Körper vor sich gehenden Zerstörungsprocessen. Diese Gebilde sind aber sog. Schizomycetenformen, deren angebliche Fähigkeit, unter besonderen Verhältnissen zu höheren Pflanzen auszuwachsen, noch unerwiesen ist, die sich vielmehr durch Zweitheilung immer wieder in derselben Weise fortpflanzen.

Man sieht aus Obigem, dass Halliers Ansichten von den botanischen Autoritäten eine scharfe Bekämpfung erfahren haben und dass er mit seiner Theorie so ziemlich vereinzelt dasteht. Er stellt als haupsächlichste Entgegnung dafür, dass seine Gegner trotz ihrer vielfachen Versuche nicht zu demselben Resultat kamen, besonders den Satz auf, dass letztere in zwei Dingen gefehlt hätten, von welchen aber die ganze Entwicklung der Pilze abhänge, nämlich in der passenden Auswahl der Substrate und in der richtigen Luftzufuhr. Es wurde bereits oben angeführt, dass Hallier den Beweis vom Zusammenhang der Formen in seinen Vegetationsreihen durch Beobachtungen unter dem beschriebenen Culturapparat glaubt geliefert zu haben.

Untersuchungen von Karsten über Hefe und Bacterien etc.

Karstens*) Untersuchungen stimmen in vielen Punkten mit denjenigen von Hallier überein. Doch glaubt Karsten, dass Hallier in seinen Schlüssen über die Lebensverhältnisse der Pilze

*) Karsten. Chemismus der Pflanzenzelle. Wien 1869.

wohl leider zu rasch gewesen ist. Er ist der Ansicht, dass man nur durch das Studium der Assimilationsthätigkeit und der davon abhängigen morphologischen und chemischen Veränderungen des Elementarorgans von Pflanzen und Thieren, der Zelle, es wird erreichen können, auch in Betreff der Miasmen und Contagien zu Resultaten zu kommen. Besonders würden dazu die erweiterten Kenntnisse von der Vegetations- und Entwicklungsweise der Hefearten beitragen.

Unter Micrococcus versteht Karsten die kleinen runden Secretionszellchen, welche in Hefe-, überhaupt in allen Zellen nach seiner Theorie sich finden sollen, und durch Veränderung ihrer Nährverhältnisse und dadurch hervorgerufenes Absterben der äusseren Zellmembranen frei werden. Nur diese kleinsten inneren Zellchen widerstehen den neuen Bedingungen und können sich als sog. Microgonidien weiter entwickeln. Diese Microgonidien nehmen je nach ihrer Nahrung verschiedene Formen an, Micrococcus, Vibrionen, Sarcina, Leptothrix etc. Ein Platzen ihrer ursprünglichen Mutterzelle kommt dabei selten vor, vielmehr geschieht es bisweilen, dass die kleinen Zellchen über die Aussenhaut ihrer Mutterzelle hervorwachsen, oft von einem Stielchen getragen.

Die Microgonidien vermehren sich entweder in der ihnen eigenen, kugligen Form, oder sie entwickeln sich zu Vibrionen oder sie dehnen sich aus und werden zu einer dem Nährstoffe entsprechenden Hefeart. In einer Lösung von carbolsauren Salzen, sowie in einer Mischung von gleichen Theilen absolutem Alkohol und Wasser sah Karsten die Entwicklung von Microgonidien aus Hefe. Dieselben bewegten sich in Folge ihrer an verschiedenen Stellen verschieden statfindenden Assimilation. Ihre anhängende Cilie ist nach Karsten ein ungemein zarter Bacterienfaden. Auch er fand die haufenweise Gruppirung der Micrococcus-Zellchen zu sclerotiumartigen Gebilden z. B. bei Sclerotium Beigelianum Hall., welches auf Chignonhaaren vorkommt. Vermehren sich die einander innerhalb der Micrococcuszelle folgenden Generationen in linearer Weise, so entstehen Vibrionen und Bacterien.

Karsten umfasst nun alle diese Gebilde, ja die ganzen Hefevegetationen wegen ihres leichten Zerspaltens unter dem gemeinsamen Namen Schizomycetes. Sie alle entstehen aus

den kleinen Zellanfängen und Secretionszellchen der höheren Gewächse, so wie dieselben in abnorme Lebensverhältnisse gerathen. Indem sie sich den neuen Verhältnissen, ihre Form entsprechend verändernd, anpassen, sind sie im Stande, sich zu vermehren, ja je nach ihrer Ernährung zu den complicirteren Gebilden der Hefevegetationen sich zu erheben und die Formen wirklicher Pflanzenspecies nachzuahmen. So können z. B. aus den Zellen des Fruchtfleisches von Stachel- und Weinbeeren auch Hefezellen entstehen. Karsten beobachtete ebenfalls wie Hallier, dass die verschiedenen Hefearten im Stande sind, in einander überzugehen, sowie ihre Nährverhältnisse sich ändern.

Die Bacterien und Vibrionen fasst Karsten übrigens unter dem gemeinsamen Namen Vibrionen zusammen, indem beide Formen nach ihm beweglich und unbeweglich vorkommen können. Sie sind entweder stabförmig (Bacterien Ehrbg.) oder die einzelnen Gliedzellchen resorbiren die Mutterzellenwand und sie stellen dann eine rosenkranzförmige Reihe dar. (Vibrionen Ehrbg.) Ueberhaupt nehmen alle diese Körper die verschiedensten Formen und Eigenschaften, Bewegung oder Ruhe an, je nach der grösseren oder geringeren Sauerstoffzufuhr und der chemischen Zusammensetzung des Nährbodens.

Leptothrix besteht nach Karsten aus lauter gleichartigen Gliedzellen, während die Vibrionen- und Bacterienketten aus länglichen, durch sehr kurze Zellen von einander getrennten Gliedern bestehen. Mit Alkohol, statt mit Milchzucker ernährte Vibrionen setzten bei den Versuchen von Karsten ihre Vermehrung nicht in linearer Richtung, sondern in flächenförmiger Ausbreitung fort; dadurch entstanden 4-eckige Zellen in der Form von Merismopoedia und Sarcina.

Alle diese Schizomycetenformen Karstens sind nicht im Stande, wieder die Form ihrer ursprünglichen Mutterzellen anzunehmen. Wäre dies möglich, so könnte es nur unter ganz besonderen Umständen der Fall sein. Darum stellt Karsten diese Zellformen weder unter die Pilze, noch unter die Algen; sie sind weder Thier noch Pflanze. Ihre Aufgabe ist, als stete Begleiter des Todes zur Beförderung der Verwesungs- und Fäulnissprocesse beizutragen.

Es ist leicht denkbar, dass Mycelien und Sporen von Pilzen, wenn sie im menschlichen Körper es zur Entwicklung von Vibrionen etc. bringen könnten, durch ihren Lebens- und Assimilationsprocess zerstörend in die Funktionen der Organe eingreifen müssen. Karsten glaubt, dass die auf den Menschen und Thieren wachsenden Pilze meist in die Abtheilung der Mucorineen gehören und er rechnet dahin auch Penicillium und Aspergillus.

Bei Favus erzog Hoffmann Mucor, Pick Aspergillus und Hallier Penicillium. Karsten meint, dass sich diese Widersprüche heben werden, wenn diese Schimmel sich wirklich als Conidienformen von Mucor erweisen. Er bestätigt die Behauptung Halliers, dass Penicillium nur eine durch andere Nährverhältnisse hervorgebrachte Form von Mucor ist; beide gehören zusammen. Dasselbe Penicillium, welches also nach Karsten Mucor entwickeln kann, wird in Folge seiner Abhängigkeit vom Boden unter anderen Umständen auch anders wirken, je nachdem seine Sporen als Bierhefe oder Milchhefe, als Oïdium oder als Vibrionen sich ausbilden.

Karsten's Theorie legt also wie diejenige von Hallier den grössten Werth auf den Luftzutritt und auf die Zusammensetzung des Substrates, in welchem der Pilz wuchert. Je nach der Verschiedenheit dieser beiden Bedingungen werden auch die Formen der Pilze verschieden sein.

Die Bacterien und ihre Beziehungen zu menschlichen Infectionskrankheiten.

Schon im Vorhergehenden haben wir gesehen, wie sehr verschieden, oft diametral einander entgegengesetzt, die Ansichten der Forscher über die mit dem Namen Bacterien bezeichneten Gebilde sind und auch das Folgende wird zeigen, dass die meisten Aufklärungen in dieser Sache erst zukünftigen Untersuchungen anheimgegeben werden müssen. Die physiologischen Functionen dieser räthselhaften Pflanzengruppe sind in vielen Stücken noch in Dunkel gehüllt und bei unsern heute noch so ungenügenden Kenntnissen über die Entstehung, die Abstammung, die Vermehrung und die ganze Fortbildungsweise der Bacterien ist es unmöglich, mit ausreichender Sicherheit feste und haltbare Speciesunterschiede bei ihnen aufzustellen. Die Thätigkeit aber, welche die Bacterien bei den Fäulnissprocessen entfalten und ihr Vorhandensein bei zahlreichen menschlichen Infectionskrankheiten fordern uns auf, diese Organismen zum Gegenstand eingehender Studien zu machen.

Wir beginnen zunächst mit den Untersuchungen von Hoffmann*), welcher ebenfalls ein Gegner der Anschauungen von Hallier und Karsten ist.

Hoffmann bestreitet die von Hallier behauptete grosse Selbstständigkeit des Plasmas, so dass dasselbe zerfallen

*) Prof. Hoffmann. Bot. Ztg. 1869. No. 15—20. Bot. Ztg. 1863. p. 306.

könne und die einzelnen Theile als Micrococcus fähig wären, neue Individuen zu entwickeln. Er hält vielmehr dieses Zerfallen des Plasmas für den Tod, für organischen Detritus der betreffenden Zelle, und deren einzelne Theile sind unfähig zum weiteren Wachsthum. Die Lösung der Streitfrage über den Micrococcus stellt Hoffmann der Zukunft anheim. Bei Diphtheritis, Scharlach, Vaccine etc. konnte er keine entschiedene Pilzform, überhaupt Nichts auffinden, was nicht den Verdacht hätte erregen können, dass es von Aussen eingedrungen sei. Hoffmann mahnt, auf diesem Gebiete nur sehr vorsichtig Schlüsse zu ziehen und fortwährend das Aufgefundene sorgfältig zu revidiren.

Obige Granulationen und Detrituskörner, Hallier's Micrococcus, haben scharf umschriebene Ränder und sind von ungleicher Grösse, wodurch sie sich von den Monaden und Bacterien sicher unterscheiden lassen.

Hoffmann hat eine sehr sorgfältige Untersuchung über Bacterien geliefert; er versteht darunter nicht blos die stabförmig gestreckten Bacterien und Vibrionen, sondern auch die kleinen rundzelligen Monaskörperchen. Alle diese theilt er ein in Micro-, Meso- und Macrobacterien. Sämmtlich haben sie als Nebenform Leptothrix, wenn sie sich in Kettchen vereinigen.

Diese Eintheilung Hoffmann's wird aber doch kaum zu halten sein, denn alle die genannten Formen verändern ihre Gestalt und Länge sehr mannigfach bei ihrem Wachsthumsprocesse.

An eine Ausbildung der Bacterien zu Hefe kann übrigens nach Hoffmann nicht gedacht werden. Seine Bacterien sind nun theils ruhend, theils beweglich. In beiden Fällen vermehren sie sich aber, so dass die Ruhe kein Zeichen von Tod ist. Die Bacterien können aus dem ruhenden in den beweglichen Zustand übergehen und umgekehrt, je nach Veränderung des Substrates, in welchem sie sich befinden. So sind die in der Luft befindlichen Bacterien, unter Wasser gebracht, im Anfang immer bewegungslos. Ein Zusatz von Jod bringt übrigens die sich bewegenden Körperchen sofort zur Ruhe, wodurch man also diese Bewegung sehr leicht von der Molekularbewegung unterscheiden kann. Bald ist sie eine oscillirende oder sich krümmende, wobei auch Ortsbewegung bemerkbar wird, sie ist verschieden

schnell, bald blitzschnell oder spiralig kreisend oder geradlinig, zickzackförmig oder wälzend. Hierbei kann man sich aber leicht täuschen, denn schon das Athmen kann bei Anwendung starker Systeme durch den bald grösseren, bald kleineren Luftdruck auf das Deckglas eine auf- und abgehende Bewegung desselben und folglich auch der darunter sich befindenden Flüssigkeit hervorbringen. Ohne Luft können nach Hoffmann die Bacterien nicht leben, bei vollkommenem Abschluss derselben tritt vielmehr deren wirklicher Tod ein.

Die Bacterien treten als wolkige oder gleichmässige Trübung in allen faulenden Flüssigkeiten auf, immer in Begleitung von Monas crepusculum und sie zerfallen auch nach Hoffmann in so kleine Glieder, dass sie von letzterem gar nicht mehr unterschieden werden können. Auch die Bewegung der Monaden ist vollkommen ähnlich jener taumelnden und kreisenden, welche die Bacterien zeigen. Die Bacterien sind, wenn sie zusammen vorkommen, stets longitudinal in einfache Ketten gereiht; es sind dies die von Andern als Leptothrix bezeichneten Formen. Dieselben wachsen meist terminal und bilden in ruhenden Flüssigkeiten lange Ketten, welche aber nicht immer einfach bleiben, sondern sich auch verzweigen; ein Verhalten, welches ebenso die mit einander zusammenhängenden Monaden zeigen. Die Zahl der einzelnen Glieder solcher Fäden wechselt sehr, sie kann bei grossen an hundert betragen. Ueberaus verschieden ist auch die Länge und Dicke der isolirten Bacterien, häufig findet man solche, welche an einem oder an beiden Enden knopfförmig angeschwollen sind. Spirillum trennt Hoffmann von den Bacterien, es findet sich neben diesen auch in faulenden Flüssigkeiten; seine Bewegung ist aber eine schraubenförmige.

Den Namen Bacterien gebraucht also Hoffmann in einem viel weiteren Sinne als alle anderen Forscher, er versteht darunter die ganze Abtheilung der Schizomyceten von Naegeli. Hoffmann ist der Ansicht, dass die Bacterienglieder stets nur aus Ihresgleichen entstehen, dass sie also selbstständige Organismen sind. Sie vermögen gährungsartige Umsetzungsprocesse ihrer Substrate einzuleiten, doch glaubt Hoffmann, dass die chemischen Veränderungen der letzeren nicht allein durch den

Assimilationsprocess der Bacterien bedingt sind, sondern dass auch andere Umstände dabei mitwirken.

Bacterien gedeihen in sauren und alkalischen Flüssigkeiten, ja man kann sie ohne Nachtheil oft von einer in die andere übertragen. Geistige Gährung kann nach Hoffmann nur die Hefe hervorbringen, niemals die Bacterien und Monas crepusculum. Auch bei der Buttersäurebildung spielen letztere keine besondere Rolle. Ebenso ist die Essigsäurebildung ein Oxydationsprocess, der aber durch Pilze und Bacterien beschleunigt werden kann. Hoffmann nimmt aber an, dass die Bacteriengruppe Ursache der Milchsäurebildung sei. Ebenso können sie bei Milzbrand chemisch zersetzend und vielleicht in Capillargefässen auch rein mechanisch wirken. Die Cornalia'schen Körper im Blute der Seidenraupen hält er für identisch mit Monas crepusculum.

Hoffmann ist der Ansicht, dass dieselben Organismen je nach den äussern Umständen ihr Substrat, in dem sie vegetiren, sehr verschieden umsetzen können und dass specifische Fermente für jede einzelne Gährungsform eigentlich nicht existiren. Alle Gährungs- und Fäulnissprocesse könnten theils von Pilzconidien sehr verschiedener Herkunft, theils von Bacterien und Monaden, theils von beiden zusammen vermittelt werden.

Während Hoffmann die Spirillen für selbstständig hält und dieselben von den Bacterien trennt, hat Itzigsohn gerade umgekehrt gefunden, dass dieselben einen Entwicklungszustand der letzteren darstellen. Ich verdanke der Freundlichkeit von Dr. Itzigsohn eine interessante Notiz über diesen Gegenstand, welche ich in Folgendem näher wiedergeben will.

Schon vor mehreren Jahren beobachtete Itzigsohn*) in faulenden Algenkulturen eine Form von Zoogloea, welcher er den Namen Zoogloea ramigera beilegte, deren erste Entwicklungsstadien die grösste Aehnlichkeit mit Zoogloea termo Cohn besitzen. Bei 300facher Vergrösserung bilden diese Anfangsstadien kugelförmige Klümpchen, die beim Drucke mittelst des Deckgläschens natürlich scheibenförmig aussehen. Diese Scheiben bestehen aus durchsichtig zäher Gallerte, in

*) Sitzung d. Gesellsch. naturf. Freunde in Berlin. 19. Novbr. 1867.

welcher die Bacterien bald wenig zahlreich, bald zu Tausenden eingelagert sind; sie liegen nicht parallel neben einander, sondern in buntem Gewirr nach allen Richtungen hin gestreckt, gewöhnlich jedoch so weitläufig von einander getrennt, dass jedes Bacterium einzeln in seinen Umrissen unterschieden werden kann. In vorgerückterem Stadio fängt der ursprünglich kugelförmige Zoogloeenstock an, an mehreren Punkten der Peripherie astförmige Fortsätze zu bilden; jeder dieser Aeste verzweigt sich wieder dichotom.

Die Bacterien der primären Zoogloeenkugel vermehren sich durch Quertheilung, sie füllen jetzt auch die Verzweigungen bald locker, bald gedrängter aus. Die Aestchen erscheinen meist an der Spitze etwas kolbig verdickt, was aber möglichenfalls nur Wirkung des drückenden Deckgläschens sein könnte.

Die Bacterien, so lange sie in dem zähen Gallertstock festgehalten werden, verhalten sich ganz ruhig, denn sie werden durch die Zähigkeit der Gallerte schon an jeder Bewegung gehindert; zerquetscht man künstlich eine Zoogloea, so treten einige der Bacterien wohl ins Freie (das umgebende Wasser), aber ihre Bewegung bleibt nur eine sehr träge, mehr zuckende, ein wenig gekrümmte. Man möchte sie mit den Bewegungen einer beunruhigten Schmetterlingspuppe vergleichen; ein eigentliches Schlängeln, wie bei den Spirillen, kann man ihnen nicht zusprechen.

Nachdem aber die Bacterien der Zoogloeen eine gewisse Zeit im Innern ihres Gallertbettes zugebracht haben, tritt plötzlich ein ganz allgemeines, spontanes Tummeln und Ausschwärmen des ganzen Stockes ein. Es ist dies ein eigenthümlicher, die Allgemeinheit des Stockes afficirender Act, gleichwie das Ausschwärmen der Zoosporen bei vielen Algen. Und auch ebenso, wie innerhalb der Zoosporangien nicht bald hier, bald da ein Individuum mobil wird, sondern, wenn diese Bewegung eintritt, sämmtliche Zoosporen gemeinsam in Bewegung gesetzt werden, eben so sehen wir in kurzer Zeit sämmtliche Bacterien eines Zoogloeastockes in diese eigenthümliche, dem Ausschwärmen unmittelbar vorangehende Unruhe und Bewegung gerathen. So ist denn ferner auch das Ausschwärmen der Bacterien nicht zu allen Zeiten zu sehen,

sondern nur zu gewissen Stunden des Tages, in vorliegendem Falle etwa von 9—10 Uhr Vormittags, setzt sich die ganze Legion in Bewegung. Daher ist das Ausschwärmen der Bacterien ein specifisches Stadium in der Entwicklung des ganzen Zoogloeastockes, nicht ein zu jeder Zeit vorkommendes regelloses, an keine cyclische Periodizität gebundenes Factum.

Es gewährt der Moment dieses Ausschwärmens einen überraschenden und interessanten Anblick. Von dem Entstehen einer peripherischen Oeffnung im Gallertstocke kann dabei begreiflicher Weise keine Rede sein, da der Zoogloeastock einer Zellmembran entbehrt. Wohl bildet er ein concretes Ganze, was man aus den an der Peripherie haften bleibenden Schmutzpartikeln etc. zweifellos nachweisen kann, aber eine eigentliche äussere allgemeine Zellmembran fehlt ihm ebenso wie den Plasmodien der Myxomyceten, den Schwärmsporen etc. Indess ist es aber auch leicht ersichtlich, dass das Ausschwärmen zuerst an denjenigen Bacterien wahrgenommen wird, welche der Peripherie des Zoogloeenstockes zunächst gelegen sind und dass die grosse Masse der central gelagerten erst später zum Austritt gelangt.

Bei dem Austreten der Bacterien nun hat Itzigsohn eine sehr eigenthümliche Erscheinung beobachtet. Die Bacterien nämlich, sobald sie ausgeschwärmt sind, erscheinen sofort in Spirillen umgewandelt. Wie oben erwähnt, zeigen die im Gallertstock noch fixirten Bacterien kaum eine zuckende, ruckweise Bewegung, sobald sie aber den Gallertstock verlassen haben, verwandeln sie dieselbe in jene bekannte spiralige, schraubenförmige, ungemein hurtige, welche man den Spirillen zuzuschreiben gewohnt ist. Und in der That, die jung entschlüpften Bacterien sind nun in wahre Spirillen umgewandelt, woran man bei eigener Beobachtung keinen Augenblick zweifelhaft sein kann. Itzigsohn sagt, dass er glaube, sich hierin ein bescheidenes Urtheil zumuthen zu dürfen, da er mit Beobachtung der Vibrionen, Bacterien, Spirillen, Leptothrix etc. mindestens schon seit 20 Jahren sich beschäftige.

Was die nun ausgetretenen Spirillen anbetrifft, so zeigen sie, ausser der Eigenthümlichkeit ihrer Bewegung, noch einen andern sehr auffallenden Gestaltunterschied im Vergleich zu den noch ruhenden Bacterien. Letztere sehen nämlich kurz

vor dem Ausschlüpfen in Bezug auf ihre Dickendimension ziemlich kräftig aus, so dass man bei etwa 500facher Vergrösserung sehr deutlich ihre beiden seitlichen Längencontouren unterscheiden kann. Die ausgetretenen Spirillen dagegen sind viel dünner, ja so dünn, dass sie nur wie eine zarte einfache Linie erscheinen; von zwei seitlichen Grenzlinien ist bei ihnen keine Spur, wenigstens nicht bei der angewandten Vergrösserung.

Dieser Umstand veranlasste Itzigsohn zu einer eigenthümlichen Conjunktur, deren Lösung er übrigens nicht zum Abschluss bringen konnte. Itzigsohn vermuthet nämlich, dass die Bacterien pennalförmige Scheiden sind, innerhalb welcher sich die Spirillen entwickeln, um sich zur Zeit des Schwärmens zu entpuppen. Die Scheide, das Etui, würde sich dann in Gallerte auflösen, sie zerfliesst und das darin befindliche Spirillum wird frei. Diese Vermuthung gewinnt rücksichtlich der so sehr verschiedenen Dickendimensionen der Zoogloea-Bacterien einerseits und der jungen Spirillen andererseits einige Berechtigung. Jedenfalls glaubt aber Itzigsohn durch directe Beobachtung den Beweis geführt zu haben, dass Bacterien und Spirillen keineswegs genetisch verschieden, sondern nur verschiedene Entwicklungsstufen desselben Geschöpfes sind.

Nach Itzigsohn sollen die Spirillen mit Aufhören ihrer Bewegung sich strecken, dann zu Leptothrixfäden auswachsen, dabei deutliche Gliederung erkennen lassen und ihre weisslich durchsichtige Farbe in eine gelbliche verwandeln. Damit wäre eine Annäherung an die Gruppe der Oscillarineen gegeben.

Einen reellen Unterschied zwischen Vibrionen und Bacterien hat übrigens Itzigsohn ebenfalls nicht feststellen können und es ist möglich, dass mit der Zeit für alle Bacterien verschiedene Zoogloeaformen aufgefunden werden.

Einer der schwierigsten Punkte in der ganzen Bacterienfrage knüpft sich an die Entscheidung darüber, ob diese Organismen selbstständige Wesen sind, ob sie eine eigene Pflanzengruppe für sich ausmachen oder ob sie nur besondere Entwicklungszustände verschiedener Pilze oder Algen darstellen. Die widersprechendsten Angaben sind darüber vorhanden, wie wir dies bereits bei Auseinandersetzung der

Resultate von Hallier und Karsten einerseits, von Hoffmann und Itzigsohn andererseits gesehen haben.

Zu denjenigen, welche einen Uebergang von Pilzen in Bacterien beobachtet haben wollen, gehört Polotebnow*); nach ihm sind letztere nichts anderes als Abkömmlinge der Sporen und des Myceliums von Penicillium glaucum. Polotebnow verwendete zu seinen Culturversuchen mit Bacterien die sogenannte Pasteur'sche Mischung, welche aus einer filtrirten Lösung von Candiszucker, weinsaurem Ammoniak und Hefenasche in destillirtem Wasser besteht. Wenn man diese Flüssigkeit in einem Reagensrohre einige Tage offen stehen lässt, so bildet sich an der Oberfläche bald eine dicke hautartige Kruste, welche niedersinkt, um dann einer neu entstehenden Platz zu machen. Die Flüssigkeit enthält in solchem Zustande eine Unzahl von Bacterien aus 1—4 Gliedern bestehend, ferner eine Menge sehr kleiner Zellen von runder Gestalt und endlich eine ununterbrochene Kette von Formen, welche den unmittelbaren und stufenweisen Uebergang von diesen runden Zellen zu den Bacterien nach Polotebnow bilden sollen. Die Zellen strecken sich nämlich mehr oder weniger, sie theilen sich dann in mehrere Zellen oder sie treiben ein cylindrisches Anhängsel; je nach der Art ihrer Entstehung kommen so Formen in Gestalt eines Kommas, einer Stecknadel oder an beiden Enden kolbig verdickt zum Vorschein. Noch später bemerkt man Ketten aus sehr kleinen rundlichen Zellen bestehend, welche von Hoffmann zu Monas crepusculum gerechnet werden. An der Oberfläche tritt auch eine geringe Menge von fructificirendem, mycelbildendem Schimmel auf.

Die Entwicklung der Bacterien will nun Polotebnow in der Weise beobachtet haben, dass an Penicilliumsporen, welche in der Flüssigkeit vollständig untergetaucht sind, rundliche Ausstülpungen in Form obiger kleinster Zellen entstehen, welche dann unmittelbar die Gestalt und das ganze Verhalten der Bacterien annehmen. Ein anderer Theil der letzteren bilde sich aus dem in der Pasteur'schen Lösung schwimmen-

*) A. Polotebnow. Sitz.-Ber. d. Wiener Akad. LX. 1869. Novbr.
„ Mikroskop. Untersuch. aus d. Laborat. von Prof. Wiesner in Wien. Stuttgart. 1872.

den Mycelium von Penicillium, dessen seitliche Verzweigungen immer dünner, zuletzt überaus zart werden; sie gliedern sich durch Scheidewände ab, wobei die letzten Sprossungen vollkommen alle morphologischen Eigenschaften der Bacterien besitzen und sich schliesslich isoliren. Nach Polotebnow wären also die Bacterien zarte Mycelien, welche aus Penicilliumsporen hervorgingen oder aus dem Mycel von Penicillium selbst durch immer feinere Verästelung desselben innerhalb von Flüssigkeiten. Ferner kam derselbe durch seine Versuche zu dem eigenthümlichen Ergebniss, dass die einmal entstandenen Bacterien einer weiteren Vermehrung nicht mehr fähig seien.

Letztere Behauptung ist schon desswegen als unrichtig zu bezeichnen, weil die Zweitheilung und das Auswachsen der Bacterien zu oft sehr langen Fäden, welche sich schliesslich quer theilen, sehr häufig direct unter dem Mikroskop beobachtet worden ist und auch die Aussagen in Betreff des genetischen Zusammenhangs zwischen Penicillium und Bacterien muss in Zweifel gezogen werden, da es äusserst schwierig ist, bei Sporenaussaaten die gleichzeitige Gegenwart der so rasch sich vermehrenden Bacterien zu vermeiden. Zumal bei der Methode, welche Polotebnow bei seinen Untersuchungen anwendete, war diese Fehlerquelle nur schwer zu umgehen und daher auch der Anlass zu mancherlei Täuschungen gegeben.

Auch andere Forscher, wie Huxley,*) führen an, dass die Sporen von Penicillium im Stande wären, je nach den Nährverhältnissen entweder Mycelium oder Bacterien und Leptothrix zu erzeugen. Ferner ist die Entstehung der Bacterien durch Generatio spontanea schon vielseitig behauptet worden, so von Bastian und Frankland, (s. oben d. Kap. über Hefe) ferner in Italien von Crivelli und Maggi**). Letztere wollen gesehen haben, wie die im Eidotter enthaltenen Körnchen und Fetttröpfchen sich organisiren und dann durch Aneinanderreihen und Vergrössern die Form von Bacterien

*) Huxley. Journ. of Bot. 1870. p. 352.

**) G. Balsamo Crivelli e L. Maggi. Estratto dai Rendiconti del Reale Instituto Lombardo Ser. II. Vol. I. Fasc. IX. Milano 1868. Ser. II. Vol. II. 1869. Ser. II. Vol. III. 1870.

und verschiedenen Pilzformen annehmen können. Allen diesen Aussagen gegenüber muss aber derselbe Einwurf geltend gemacht werden, wie oben gegen Polotebnow: wird wirklich ganz reine Nährflüssigkeit und der Zutritt von absolut reiner Luft bei solchen Versuchen in Anwendung gebracht, so treten keine Bacterien auf und die Sporen von Penicillium entwickeln stets nichts weiter als eben wieder neue fructificirende Exemplare. Zu letzteren Resultaten sind alle die Forscher gekommen, welche sich so viel wie möglich die Beobachtung aller Cautelen angelegen sein liessen und welche ihre Untersuchungen bei steter Beobachtung unter dem Mikroskop angestellt haben.

So sagt auch Burdon-Sanderson*), dass die Bacterien, von ihm Microcymen genannt, weder in organischen Flüssigkeiten durch generatio spontanea entstehen, noch dass sie im Stande sind, höhere Formen hervorzubringen als diejenigen, von welchen sie ihren Ursprung nehmen. Wenn es möglich ist, die Probeflüssigkeiten mit Bacterien zu versetzen, ohne zugleich fremde Pilzsporen einzuführen, so beginnt die Vermehrung derselben und dauert fort, ohne dass eine Umwandlung in andere Formen stattfindet. Darum betrachtet Burdon-Sanderson die Bacterien als ganz specifische Gebilde und er nimmt an, dass dieselben bei ihrem Wachsthumsprocess den Stickstoff aus dem organischen Nährboden aufnehmen, um ihr Plasma daraus zu bilden. Ferner beobachtete er, dass die Luft, in welcher Bacterien lange Zeit leben, kohlensäurereich wird; ein brennendes Licht erlöscht darin und der Sauerstoff derselben verschwindet.

Die Untersuchungen, welche Rindfleisch**) über Bacterien anstellte, führten denselben dahin, sie wegen der Art ihrer Bewegung für niederste Thiere zu halten, welche einer Theilung und einer Umgestaltung zu höheren Formen nicht fähig wären. Die Entwicklung der Bacterien beginnt nach Rindfleisch in der Art, dass zahlreiche im Nährsubstrat, z. B. Muskelfleisch, verbreitete punktförmige Gebilde sich an irgend

---

*) Dr. Burdon-Sanderson. The microscopical Journal. London 1871.

**) Prof. Rindfleisch. Unters. über niedere Organismen. Sep. Abdr. aus Virchow's Archiv. 54. B.

einer Stelle festsetzen, während der freibleibende Theil als eine Art von Köpfchen hin und herschwingt, dabei immer grösser wird und zuletzt keulenförmige Gestalt annimmt. Durch eine ringförmige Einschnürung setzt sich dann der stielartige Ansatz vom Kopfe ab und durch Verlängerung desselben entsteht ein fadenartiges Gebilde, welches aus lauter Gliedern zusammengesetzt ist. Die Fäden können an allen Gliedstellen zerbrechen; wenn sie an einer Stelle sehr zahlreich sich ansammeln, so entstehen die Zoogloeaartigen Massen, welche durch ausgeschiedene Intercellularsubstanz zusammengehalten werden.

Neben diesen Bacterien beobachtete Rindfleisch noch ein anderes Gebilde, welches er mit dem Namen Micrococcus bezeichnet und welches nach seiner Ansicht ein entschieden pflanzlicher Organismus ist. Dieser Micrococcus besitzt die Gestalt eines Doppelpunktes und seine Vermehrung findet in der Weise statt, dass die einzelnen Pünktchen anschwellen, oft so bedeutend, dass sie mit Penicilliumsporen verglichen werden könnten, sich dann längs und quer theilen und und so vier in Gestalt eines Vierecks neben einanderliegende Körnchen darstellen. Letztere isoliren sich, sie können neue Colonieen bilden, aber niemals hat Rindfleisch eine höhere Entwicklung, wie Penicillium etc., aus solchem Micrococcus hervorgehen sehen. Derselbe verlangt nach ihm einen sehr stark wasserhaltigen Nährboden, kann aber bei Fäulnissprocessen auch fehlen, was bei den eigentlichen Bacterien nie der Fall ist.

Als Apparat für seine Versuche gebrauchte Rindfleisch ein Deckgläschen, welches in Alkohol getaucht, durch Anzünden des letzteren von jeder fremden Verunreinigung befreit und dann an den vier Ecken mit kleinen Wachströpfchen versehen wurde. Auf seine Unterseite kam eine sehr kleine Menge des zu beobachtenden Objectes und es wurde dann mit den Wachsfüsschen auf einen gereinigten Objectträger festgedrückt. So entstand unter dem Deckgläschen ein kleiner, absolut windstiller Raum und das Präparat war vor fremden Unreinigkeiten geschützt. Auch hat diese Methode für sich, dass sie wegen ihrer Einfachheit eine sehr grosse Menge von Controllversuchen zulässt.

Rindfleisch hat nachgewiesen, dass die atmosphärische

Luft für gewöhnlich keine Bacterien enthält. Er reinigte nämlich Glaskolben in ähnlicher Weise wie oben die Deckgläschen, brachte in dieselben kleine Stückchen frischen Muskelfleisches, und befestigte sie in einiger Höhe im Freien. Es regnete in diese Gefässe, aber auch nach einigen Wochen war keine Fäulniss eingetreten und ebensowenig waren Bacterien vorhanden. Uebrigens ist es bekannt und zur Genüge nachgewiesen, dass in Luft, welche in enge Räume eingeschlossen ist und wo sich zersetzende organische Stoffe befinden, ferner über Sümpfen, sehr häufig Bacterien zu finden sind, welche von den Wasserdämpfen mit in die Höhe gerissen werden. Man fand sie in Anatomiezimmern und in Localitäten, wo viele Menschen sich aufhielten. Die Uebertragung der Bacterien geschieht, wie Burdon-Sanderson neuerdings nachgewiesen hat, häuptsächlich durch Wasser, welches dieselben fast immer enthält sowie durch unreine organische Körperoberflächen. Derselbe Forcher zeigte auch, dass Harn, Blut und Eiweiss etc., sobald sie vor Berührung mit Bacterien geschützt werden, zwar schimmeln, aber niemals in Fäulniss übergehen.

Dass die Bacterien die unmittelbare Ursache der Fäulnissprocesse sind, hat Cohn*) durch schlagende Versuche dargethan. Wenn man nämlich in Kölbchen Würfel von hartgekochtem Hühnereiweiss bringt, dieselben mit destillirtem Wasser übergiesst und dann bis 100° C. erhitzt, so tritt, wenn der Hals der Kölbchen unmittelbar nach dem Erhitzen zugeschmolzen wird, auch nach Monaten nicht die mindeste Bacterienentwicklung oder Fäulniss des Eiweisses ein. Selbst ein Erhitzen auf 80° genügt, um diesen Zweck zu erreichen. Es bildet sich jedoch in solchem Falle etwas Penicilliummycel, so dass aus diesem Versuch hervorgeht, dass die Bacterienkeime und die Penicilliumsporen von einander unabhängig sind und dass erstere schon bei 80° zerstört werden, während dies bei letzteren nicht der Fall ist. Werden nun die Eiweisswürfel mit kaltem Wasser übergossen, welches nur eine Spur von Bacterien enthält, so bemerkt man, wie

---

*) F. Cohn. Bot. Ztg. 1871. No. 51. Schlesische Gesellsch. für vaterländ. Cultur. Sitz. vom 14. Febr. 1872.

sich in diesem anfangs klaren und durchsichtigen Gemenge rings um die Eiweissstücke eine trübe wolkenähnliche Hülle von Bacterien bildet, welche rasch an Grösse zunimmt, allmählich in dem umgebenden Wasser emporsteigt und sich zuletzt in demselben vertheilt, wodurch eine milchige Trübung hervorgerufen wird. Gleichzeitig erkennt man, wie das feste Eiweiss in den Bacterienströmen zu einer schmierigen Substanz sich verflüssigt, endlich vollständig sich löst und so die Ernährung und Vermehrung der Bacterien vermittelt. Diese Zersetzung des Eiweisses ist ausschliesslich eine Leistung der vorhandenen Bacterien, bei Abschluss derselben findet sie nicht statt. Wenn alle assimilirbare Nahrung aufgezehrt ist, so scheiden die Bacterien Intercellularsubstanz aus, ihr vorher beweglicher Zustand wird ruhend und sie häufen sich in Form von Zoogloeaklümpchen zusammen, welche sich am Boden absetzen, während das überstehende Wasser wieder völlig klar wird. Cohn vergleicht diesen Process mit der alkoholischen Gährung, bei welcher die Hefe ebenfalls in der ausgegohrenen Flüssigkeit sich zu Boden setzt. Fäulniss ist also eine Spaltung von Eiweissverbindungen, hervorgerufen durch Bacterien.

Die Bacterien sind im Stande, sowohl gelöste als feste Eiweissstoffe zu assimiliren, und zwar nehmen sie nach Cohn den Kohlenstoff aus den Kohlenhydraten, den Stickstoff aber in Form von Ammoniak und Salpetersäure auf. In Lösungen von weinsaurem und bernsteinsaurem Ammoniak, von Glycerin und salpetersaurem Kali etc. vermehrten sich, wie Cohn fand, die Bacterien reichlich, doch enthielten diese Lösungen noch geringe Mengen von Phosphorsäure und Schwefelsäure, ferner Kali, Kalk und Magnesia.

Gewisse Bacterien erzeugen als Spaltungsproducte ihrer Assimilationsthätigkeit blaue, gelbe, grüne, rothe etc. Farbstoffe. So fand man auf Brot, Kartoffeln, Fleisch etc. purpurrothe Gallertmassen, durch Monas prodigiosa hervorgebracht, und auch die Bildung des Lakmus scheint auf einer solchen Pigmentfäule zu beruhen. Die Gestalt der diese Zersetzung hervorbringenden Bacterien ist kuglig; oft sind sie rosenkranzförmig aneinandergereiht und in Schleimmassen zusammengehäuft; sie werden von Cohn als Bacteridien unterschieden.

Derselbe brachte eine blaue Pigmentfäule in Lösungen von essigsaurem Ammoniak und weinsaurem Kali hervor.

Cohn schlägt vor, alle Bacterien in Kugel- oder Punkt-, in Cylinder- und in Schraubenbacterien einzutheilen. Die bei contagiösen Krankheiten aufgefundenen gehören alle unter die unbeweglichen, oft rosenkranzförmig verbundenen Kugelbacterien. Letztere werden auch durch verdampfendes Wasser sehr zahlreich in die Luft emporgerissen, wovon man sich überzeugen kann, wenn man ein mit Bacterien-haltigem Wasser gefülltes Gefäss mit einer Glasplatte bedeckt. Die Unterseite derselben beschlägt sich mit Wasserdunst und derselbe kann durch Aufgiessen von Aether in Tropfenform vereinigt und dann leicht mikroskopisch untersucht werden.

Unter dem Namen Brunnenfaden, Crenothrix polyspora, beschrieb Cohn*) ein eigenthümliches, den Oscillarineen sich anschliessendes Gebilde, welches er in trübem Brunnenwasser einer durch Typhus berüchtigten Gegend in Breslau auffand und welches, wie es scheint, den Bacterien zum Mindesten verwandt ist. Dieses Wasser enthielt zahlreiche gelblich braune Flocken, welche aus einem Gewirr von verschieden langen, geraden oder gekrümmten Fäden bestanden, deren Inneres zahlreiche Zellen zeigte, welche nach aussen von einer Art Scheide, wahrscheinlich einem Absonderungsproduct sämmtlicher Zellen, umgeben waren, aus welcher sie oft frei heraustraten. Die oberste Zelle war immer bedeutend länger als die übrigen, die nächst unterste Zelle bildete häufig seitlich astartige Aussackungen und die Fäden selbst zeigten eine sehr verschiedene Dicke; bald waren sie zart, bald mit doppelt contourirter Wand umgeben; das Innere der Zellen enthielt farbloses, oft feinkörniges Protoplasma. Sehr häufig waren die Fäden oben keulig angeschwollen, Fig. 63 B. Die Fortpflanzung findet in der Weise statt, dass innerhalb der verschieden dicken Fäden das Plasma der einzelnen Zellen sich einschnürt und mehrere senkrechte und horizontale Theilungen erfährt. Die so entstehenden Gonidien bleiben entweder grösser, sie heissen dann Macrogonidien, Fig. 63 A, oder sie theilen sich noch wiederholt, so dass die sehr kleinen Microgonidien zur Aus-

*) F. Cohn. Beiträge zur Biologie d. Pfl. Breslau 1870.

bildung kommen, Fig. 63 B. Die Zellwände werden bald resorbirt, so dass die einzelnen Gonidien mit einander in Berührung treten und letztere drängen sich an der oft anschwellenden Spitze in lebhaft tummelnder Bewegung zusammen, bis sie endlich entleert werden, worauf dann die unteren Gliedzellen eine neue Gonidienbildung beginnen.

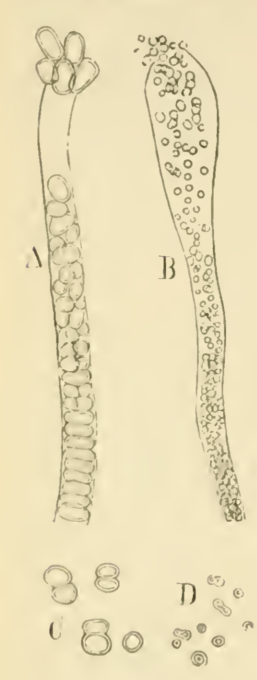


Fig. 63.
Crenothrix polyspora. A ein Faden mit Macrogonidien (800); B ein an der Spitze angeschwollener Faden mit Microgonidien (500); C Macrogonidien in Einschnürung begriffen (800); D Microgonidien, sich theilend (500). (nach Cohn.)

Die einzelnen Gonidien sind farblos, ohne erkennbare Membran, kuglig oder oval und häufig quer eingeschnürt und in Theilung begriffen, Fig. 63 C. u. D. Sie besitzen eine langsame rollende Bewegung, bleiben aber vor der Mündung ihres Fadens häufig eine Zeit lang als Palmellaartige Masse liegen. Diese Gonidien geben höchst wahrscheinlich wieder neuen Crenothrixfäden den Ursprung, doch wurde dies nicht direct von Cohn festgestellt; es scheint ferner, dass die Macrogonidien von den dickeren, die Microgonidien von den dünneren Fäden ausgehen.

Auffallend ist es, dass die Microgonidien, welche sehr häufig in Zweitheilung beobachtet werden, durchaus den gewöhnlichen kugelförmigen Bacterien ähnlich sehen. Sie können nicht von diesen unterschieden werden und bilden ebenso durch Schleim zusammengebettete Zoogloeaartige Massen. Ob ein Zusammenhang zwischen Bacterien und den Microgonidien der Crenothrixfäden vorhanden ist, muss aber erst durch künftige Untersuchungen ans Licht gebracht werden.

Die Bacterien sind nun besonders in letzter Zeit bei verschiedenen Krankheiten der Menschen und Thiere als deren Ursache oder wenigstens Begleiter beobachtet worden. Eine der ältesten Entdeckungen dieser Art wurde bei milzbrand-

kranken Thieren gemacht und von Davaine wurde später der Zusammenhang des Milzbrandes mit der Pustula maligna des Menschen nachgewiesen. Sowohl im Blute der Thiere als der Menschen fand derselbe sehr feine einfache Stäbchen, welche gerade waren oder bisweilen an mehreren Stellen gebogen, was auf beginnende Theilung schliessen lässt. Die Körperchen, von Davaine Bacteridien genannt, waren bewegungslos und sie verschwanden bei beginnender Fäulniss des Blutes, um anderen Bacterien Platz zu machen. Man muss diese fadenförmigen Organismen, deren Zahl in einem Tropfen milzkranken Blutes Millionen nach Davaine betragen kann, für den krankheitserregenden Ansteckungsstoff halten. Wird solches Blut gesunden Thieren eingeimpft, so lassen sich erst nach 48 Stunden die Stäbchen im Blut der Geimpften nachweisen und mit ihrem Auftreten zeigen sich dann auch die ersten Symptome der Krankheit, welche mit der äusserst raschen Vermehrung der Parasiten sich steigern und zuletzt den Tod herbeiführen. Davaine's Bacteridien entwickeln sich also im lebenden Thiere und das Blut, welches sie enthält, ist ansteckungsfähig, wogegen dasjenige von frisch geimpften Thieren, in dem sie noch nicht vorhanden sind, die Infection nicht vermittelt. Davaine gelang es auch, durch Uebertragung des Inhaltes der Pustula maligna vom Menschen auf Thiere wieder Milzbrand hervorzurufen.

Eine Betheiligung der Bacterien findet ferner bei Gangraena pulmonum und putrider Bronchitis statt. Jaffé und Leyden wiesen sie in den Sputis sowohl als in den erkrankten Parthieen in Gestalt von Körnchen, Stäbchen oder wellenförmig hin und hergewundenen Fädchen nach. In diesem Falle kann man sie aber nicht als die Ursache der Krankheit betrachten; sie finden sich nur in dem abgestorbenem Gewebe und in den stagnirenden Secreten und dienen zur Beförderung der Fäulnissprocesse in denselben.

Traube zeigte, dass durch den Catheter Bacterien in die Harnblase importirt werden, dass sie sich dort vermehren und den Harnblasencatarrh in Eiterung umwandeln. Sie wandern von der Harnblase aus durch die Ureteren in die Harnkanälchen der Niere, wirken auch auf das interstitielle Nierengewebe entzündungserregend und erzeugen so Pyelo-Nephritis, wobei

zuletzt die ganze Niere mit mehr oder minder grossen Abscessen durchsetzt ist. Mycotische Geschwüre wurden ferner von Wahl und Recklinghausen im Magen beobachtet, und Buhl, dann Waldeyer beschrieben Fälle von parasitären, furunkulösen Darmaffectionen, in denen die Bacterien bis in die Blut- und Lymphgefässe eingedrungen waren und sich im Blute als kurze, stäbchenförmige Körperchen nachweisen liessen. Nach Waldeyer und Klebs kommen bei der acuten Leberatrophie ebenfalls Bacterienhaufen in den Gallengängen vor.

Klob hat bei Untersuchung der Darmschleimhaut Cholerakranker Gallertmassen aufgefunden, welche die Organisation einer Zoogloea zeigten und zahllose, äusserst kleine, längliche oder in der Mitte eingeschnürte Bacterien enthielten, die auch frei sich bewegten. Ob diese Zoogloea die Ursache der Krankheit ist oder ob sie erst als eine Folge der letzteren sich entwickelt, muss durch fernere Experimente festgestellt werden.

Ausser bei den bereits angegebenen Infectionskrankheiten ist die schädliche Einwirkung der Bacterien als Krankheitserreger im menschlichen Organismus bei Pyämie und Septicämie von Rindfleisch, Waldeyer und Recklinghausen untersucht worden. Besonders Klebs*) lieferte den Beweis, dass die langsamere oder schnellere Ausbreitung der Parasiten den verschiedenartigen Verlauf dieser beiden Wundkrankheiten zur Folge hat. Er fand die Bacterien in den Wundsecreten als kleine rundliche Zellchen oder als Stäbchen, erstere oft rosenkranzförmig, letztere fadenförmig mit einander verbunden. Theils waren sie in lebhafter Bewegung, theils in Massen bewegungslos zusammengedrängt und im Gewebe Zoogloeaformen bildend. Die Bacterien verbreiten sich durch die Blutgefässe von Organ zu Organ und wo sie sich festsetzen, erzeugen sie Entzündung, Eiterung und Zerfall des Gewebes. Dass sie wirklich die Ursache des Krankheitsprocesses sind, hat Klebs dadurch nachgewiesen, dass er Wundflüssigkeit, welche sie in reichlicher Menge enthielt, durch Thoncylinder filtrirte. Das so von den Bacterien befreite Filtrat wurde Thieren subcutan injicirt und erregte nur heftiges, einige Tage anhaltendes Fieber, ohne dass eines der Thiere gestorben wäre. Wurde

*) Klebs. Beitr. zur patholog. Anatomie der Schusswunden. Leipzig 1872.

dagegen die Bacterien enthaltende Flüssigkeit injicirt, so entstanden an der Injectionsstelle weit sich ausbreitende Eiterheerde und die Thiere starben nach Verlauf von wenigen Tagen.

Für die Diphtheritis wurde es durch vielfache Untersuchungen ebenfalls höchst wahrscheinlich gemacht, dass ihre Entstehung eine Folge der Ansiedelung und raschen Vermehrung rundlicher Bacterienzellen ist. Besonders Oertel*) hat durch zahlreiche Impfversuche den Nachweis geführt, dass die Vegetation der Bacterien sich anfangs in der entzündeten Rachenhöhle localisirt und dass erst später, wenn dieselben sich vermittelst der Blut- und Lymphbahnen in den Organen des Körpers ausbreiten, die Infection eine allgemeine wird. Die Bacterien zerstören dann immer grössere Parthieen der Gewebe und auf der Höhe der Krankheit durchsetzen sie in Milliarden den Organismus.

Meine eigenen, gemeinsam mit Dr. Lövinson ausgeführten mehrjährigen Untersuchungen über die Natur der Ansteckungskrankheiten, welche wir uns vorbehalten, anderweitig ausführlich zu veröffentlichen, haben in Betreff der Entstehung besonders des diphtheritischen Processes und der Pocken ergeben, dass vom ersten Auftreten eines Schleimhautbelages resp. Hautausschlages an die in rundlicher Form sich zeigenden Bacterien als einzige Ursache aller übrigen Krankheitserscheinungen anzusehen sind.

Nur durch die im ungeheuersten Maasse stattfindende Vermehrung der Bacterien wird der rapide Verlauf und der so oft vernichtende Ausgang der Krankheit bedingt und man ist daher genöthigt, diese innerhalb der betreffenden Gewebstheile in Massen vegetirenden Organismen als die eigentlichen Träger des Contagiums zu betrachten. Ihre Gegenwart lässt sich anfangs immer nur in der nächsten Umgebung der ursprünglich ergriffenen Stellen nachweisen.

Bei Untersuchung aller Infectionskrankheiten tritt die Frage heran, in welcher Weise die Bacterien befähigt werden, so verderblich auf den Organismus einzuwirken.

---

*) Oertel. Experimentelle Unters. über Diphtherie. Deutsch. Archiv für klin. Med. B. VIII. 3 u. 4. 1871.

Alle Flüssigkeiten, innerhalb welcher sie die für ihre Fortentwicklung günstigen Bedingungen vorfinden, erfahren durch ihre Ansiedlung weitgehende Spaltungen der Atomcomplexe, die den Process der fauligen Gährung zur Folge haben. Die Bacterien sind also sehr energische Fermente und sie werden daher auch, sobald ihre Aufnahme in die Blutbahnen der Thiere oder des Menschen stattgefunden hat, die Ursache von intensiven Störungen im normalen Leben derselben sein. Theils mögen sie dann durch mechanische Verstopfung der Gefässe pathologische Veränderungen hervorrufen, theils mag die durch ihre Lebensthätigkeit eingeleitete Zersetzung die Entstehung solcher Spaltungsproducte veranlassen, welche sich als Gifte dem Organismus gegenüber verhalten.

Höchst wahrscheinlich wird der Ansiedlung der Bacterien durch Verwundung, Entzündung etc. stets vorher der Boden geebnet, während an den völlig normalen Stellen des Körpers ihr Eindringen nicht stattfindet. Vielleicht dürfte auch den Insecten oft eine Rolle bei Uebertragung der Infectionsstoffe zukommen; so soll nach Davaine durch den Stich von Aasfliegen die Verbreitung des Milzbrandes beim Vieh bewirkt werden. Noch schwieriger ist es, zu entscheiden, ob bei jeder Infectionskrankheit immer nur ganz bestimmte Species von Bacterien sich einfinden; es ist dies ein Punkt, über welchen mit unsern gegenwärtigen mikroskopischen Hülfsmitteln nur schwer wegzukommen ist.

Die definitive Lösung der Frage nach der Natur der Ansteckungsstoffe ist daher noch lange nicht entschieden; sie bedarf noch vieler Untersuchung und Ausdauer.

Zum Schluss bleibt noch die Sarcina ventriculi zu erwähnen übrig, ein Organismus, welcher in dem Erbrochenen bei chronischen Magenleiden, aber auch in andern Organen des menschlichen Körpers aufgefunden wurde. Die pflanzliche Natur der Sarcina wurde anfangs in Zweifel gezogen, doch es fand sich bald, dass sie in die Nähe niederer Algen, namentlich von Merismopoedia, gebracht werden muss. Sie bildet abgerundete, würfliche Massen, Waarenballen ähnlich, aus 4, 8, 16 etc. Zellen bestehend oder sie findet sich in Säulenform und besitzt

eine fleischröthliche oder graulich weisse Farbe. Suringar*) unterscheidet einen äusserst kleinen Zellkern mit vier kleinen Punkten in jeder Zelle und die Membran lässt nach Behandlung mit Salpetersäure und Kali Cellulosereaction erkennen; das mehrfach behauptete Vorhandensein von Kieselsäure konnte dagegen dieser Forscher nicht bestätigen.

Die Vermehrung der Sarcina geht in der Weise vor sich, dass in den einzelnen Zellen Theilungswände nach den drei Richtungen des Raumes auftreten; jede neu entstandene Tochterzelle rundet sich allseitig ab und es bildet sich so im Centrum der aneinanderstossenden Zellen bald ein immer grösser werdender Intercellularraum. Trotz der regelmässigen Theilung sind die Paquete aber nie mathematisch kubisch, was davon herrührt, dass die Theilungen nicht gleichzeitig stattfinden, wodurch dann die früher gebildeten Zellen mehr wachsen als die späteren. Die neu entstandenen Zellen bleiben entweder in grösseren Gruppen vereinigt oder es findet eine Zerstörung der älteren Wände statt und die einzelnen Parthieen fallen auseinander.

Itzigsohn**) beobachtete, wie Sarcina, welche längere Zeit aufbewahrt war, blos nach zwei Richtungen sich theilte, so dass flächenartige Ausbreitungen entstanden. Derselbe fand auch, wie die vielzelligen, länglichen Gonidien einer Nostochacee, Scytonema truncicola Rabh. zerfielen und sich längs, quer und in der Dicke theilten, auf diese Weise ein Sarcinaähnliches Ansehen erhaltend. Itzigsohn vermuthet daher, dass die Sarcina die Gonidien von gewissen fädigen Nostochaceen oder Oscillarineen vorstelle, Algenfamilien, von welchen besonders die erstere je nach Ernährung und Beleuchtung sehr verschiedene Färbungen annimmt.

Die Sarcina dürfte durch das Trinkwasser in Schlund und Magen gelangen, von wo aus sie dann durch die Capillaren sich in andern Organen des Körpers verbreitet. Die in den Bronchien beobachtete ist wahrscheinlich durch die Athmung dahin gelangt.

---

*) F. R. Suringer. De Sarcine. Onderzoek naar de plantaard. Natuur etc. Leeuwarden, 1865.

**) H. Itzigsohn. Zur Naturgesch. d. Sarcina. Arch. f. pathol. Anat. B. 13. H. 6.

Die Anschauungen von Bonorden.

Es sind nun noch die Anschauungen Bonordens anzuführen, eines Mycologen, welcher einen den übrigen völlig entgegengesetzten Standpunkt einnimmt. Derselbe kann sich nemlich mit den gegenwärtig allgemein angenommenen Combinationen der Pilze, wobei Arten aus früher streng gesondert gehaltenen Abtheilungen zu einem Entwicklungskreis mit einander verbunden werden, durchaus nicht befreunden. Ihm ist es noch nie gelungen, einen wirklich unzweifelhaften Zusammenhang zweier Pilzformen, besonders ein 'gemeinsames Mycelium aufzufinden. Er betrachtet solche Combinationen vielmehr als die Urheber einer grossen Verwirrung in der heutigen Mycologie. Bonorden bekämpft daher die Ansichten über den Polymorphismus der Pilze und sucht durch sehr zahlreiche Untersuchungen die Unrichtigkeit derselben zu beweisen.

Es ist nun sehr interessant, dass gerade Bonorden nicht ebenfalls diesen heute überall angenommenen und als sicher zu betrachtenden Erfahrungen seine Anerkennung zollt. Dieser Forscher ist gewiss einer der ersten Pilzkenner, der selbst ein eigenes System, die allmählige Entwicklung und den immer vollkommener werdenden Bau von der niedersten bis zur höchsten Pilzfamilie zeigend, aufgestellt hat. Bonorden*) besitzt gewiss ganz besonders umfassende mycologische Kenntnisse. Er, sollte man denken, müsste am sichersten sein Urtheil in dieser Sache abgeben können.

*) H. F. Bonorden. Handb. d. allg. Mycologie. Stuttgart 1851. Mit 12 Tafeln.

Seine sehr übersichtliche Eintheilung der Pilze geht nun dahin, dass er zwei Typen aufstellt, nach welchen sie alle gebaut sind, einen excentrischen, dessen höchste Entwicklung die Hymenomyceten und einen concentrischen, dessen Spitze die Pyrenomyceten einnehmen. Er theilt alle Pilze in 12 Familien, von welchen die erste die unentwickeltste ist, während jede folgende einen zusammengesetzteren Bau zeigt. Diese Familien bilden also einen continuirlichen Entwicklungskreis, der wie bei allen übrigen natürlichen Systemen deutlich zeigt, dass auch bei den Pilzen eine stufenweise Höherentwicklung zu immer complicirteren Formen stattfindet.

Werden nun, sagt Bonorden*), wie es heute geschieht, Pilze aus den höchsten und niedersten Familien, Pilze mit excentrischem und concentrischem Typus, mit einander vereinigt, so wäre dies offenbar ein Vergehen gegen alle Naturgesetze, welche stets nur bestimmten, einfachen Regeln folgen, und diese Vereinigungen der Pilze, indem man sie in Entwicklungskreise zusammenstellt, sind daher nicht als natürlich, sondern als menschliche Erfindungen anzusehen. Uebrigens hat Bonorden sich dieser neuen Richtung der Mycologie durchaus nicht verschlossen, er hat nicht den Vorwurf der Einseitigkeit auf sich geladen, vielmehr hat er mit Fleiss die verschiedensten, sorgfältigsten Untersuchungen angestellt, um die Richtigkeit von Tulasne's und de Bary's Aussagen zu ermitteln. Aber in keinem Falle konnte er sich hievon Ueberzeugung verschaffen, vielmehr theilt er in jedem Versuch als Resultat das Gegentheil, nemlich die Autonomie jedes einzelnen Pilzes, mit.

Hauptsächlich, sagt er, sind die neuen Ansichten durch die sehr häufige Cohabitation der Pilze entstanden, welche die Forscher verleitet hat, sie auch als zusammengehörig zu betrachten. Viele Pilze lieben einen und denselben Boden oder entstehen da, wo eben ein anderer Pilz seine Entwicklung vollendet hat. In jedem Falle aber lässt sich nie ein organischer Zusammenhang der Pilzmycelien an den einzelnen Individuen nachweisen. Und sehr oft erscheinen gar nicht einmal die Pilze, welche zusammengehören sollen, mit einander auf einem Nähr-

*) Bonorden. Abh. a. d. Gebiet d. Mycol. Abh. d. naturf. Gesellsch. in Halle. 1864. 1870.

boden, sondern nur einer; selten findet man dann in anderer Gegend einzelne Exemplare des anderen Pilzes eingemengt.

Uebrigens, meint Bonorden, sind manche Pilzcombinationen später widerrufen worden. Der Polymorphismus der Pilze ist auch desswegen zum Mindesten auffallend, weil die Natur bei jedem Pilz durch eine ungeheure Sporenzahl für seine Vermehrung gesorgt hat, so dass schwer einzusehen ist, warum noch andere Generationen dabei mitwirken sollen. Die Zusammengehörigkeit der Uredo, Puccinia und des Aecidium Berberidis, welche durch die sorgfältigen Untersuchungen de Bary's ganz ausser Zweifel gestellt worden ist, kann übrigens Bonorden auch nicht anerkennen; er giebt aber zu, dass seine dagegen vorgebrachten Gründe nicht hinreichend sind, de Bary's Ansichten zu widerlegen.

Nach Bonorden müsste man also durch Aussaat eines Pilzes stets wieder denselben Pilz mit den nämlichen Sporen erhalten.

So richtig dies im Allgemeinen auch ist, so sprechen dagegen doch bestimmte Beobachtungen, und sogar z. B. bei dem zu unseren gewöhnlichsten Schimmelpilzen gehörigen Aspergillus, wo durch Aussaat der Sporen, welche auf ungeschlechtlichem Wege entstanden sind, unter günstigen Umständen aus dem sich entwickelnden Mycel, die so gänzlich verschiedene geschlechtliche Fruchtform eines Pyrenomyceten, des früher als Eurotium herbariorum bezeichneten, hervorgeht. (s. Anhang.) Es ist dies eine Thatsache, von deren Wahrheit sich Jeder mit derartigen Untersuchungen Vertraute überzeugen kann. Woran mag es also liegen, dass ein Mann, wie Bonorden, von so ausgebildeter mikroskopisch-anatomischer Technik, sich solchen Ergebnissen der Untersuchung ganz verschliessen will?

Sind nun die mitgetheilten Bedenken dieses Forschers gegenüber den so zahlreichen, übereinstimmenden Resultaten der bedeutendsten Mycologen immerhin als völlig haltlos anzusehen, so mahnen sie doch zur höchsten Vorsicht bei der Untersuchung über den Polymorphismus der Pilze. Denn nur zu leicht kann man den grössten Täuschungen dabei erliegen, wofür am deutlichsten das bereits oben angeführte Beispiel des Cicinnobolus sprechen dürfte.

Schlussbemerkungen.

Ueberblicken wir nun den Standpunkt der heutigen Mycologie, so sehen wir, dass sehr bedeutende Differenzen bestehen, und dass noch sehr viel zu thun übrig bleibt, bis sichere einheitliche Auffassungen erzielt werden. Drei Parteien stehen sich gegenüber; während Bonorden jeden Generationswechsel bei den Pilzen verwirft, stehen de Bary und Tulasne in der Mitte, und Hallier macht den umfassendsten Gebrauch davon, ja seine Theorie kann ohne den Polymorphismus unmöglich bestehen.

Würde es sich bestimmt nachweisen lassen, dass der Plasmainhalt von Sporen, Pilzfäden etc. im Stande ist, zu zerfallen, also „Micrococcus“ zu bilden, dessen Körnchen sich vermehren und unter geeigneten Umständen zu neuen Pflanzen auswachsen könnten, so würde sich die heutige Zellenlehre bedeutend anders gestalten.

Eine Unterstützung hat in der That die Micrococcus-Theorie. Die Sporen von Peronospora, Cystopus z. B. theilen, wie oben angeführt wurde, ihren Inhalt in einzelne kuglige Ballen, welche sich immer mehr individualisiren, um endlich in Gestalt von Schwärmern, mit Cilien versehen, die Sporenhaut zu sprengen und auszuschlüpfen; ein jeder solcher Schwärmer ist keim- und entwicklungsfähig. Dabei vermögen diese Sporen bei besonderen Umständen auch nach Art der gewöhnlichen Sporen mit Austreibung eines Keimschlauches sich zu entwickeln. Ist nun bei diesen Sporen, welche den Vorgang wegen der Grösse ihrer Schwärmer leicht erkennen lassen, eine Theilung des Plasmas möglich, und eine Weiter-

entwicklung der entstandenen Theile zum neuen Pilz, warum, so sollte man fragen, könnte Aehnliches nicht auch bei andern Sporen vorkommen?

Der Unterschied wäre nur der, dass bei den angegebenen Pilzen der Sporeninhalt in eine geringere Anzahl von grösseren Parthieen zerfällt, bei der Micrococcusbildung die Theilung aber eine unendlich viel weitgehendere sein würde. Dennoch sprechen die Untersuchungen der meisten bedeutenden Botaniker gegen ein solches Verhalten der Pilzzellen.

Bei Culturen mit Krankheitsstoffen ist ganz besonders darauf zu sehen, stets nur frische von allen fremden Körpern gänzlich freie Objecte anzuwenden, wozu sich am besten Blut, welches, frisch vom Körper genommen, nicht mit der Luft in Berührung gestanden hat, eignen dürfte. Wir haben dazu vorher schwach geglühte Impfröhrchen angewendet, darin das Blut aufgefangen, sie dann sofort zugeschmolzen und in das vollkommen gereinigte Culturgefäss geworfen, wo sie dann leicht zerbrochen werden können. Fast in jedem gesunden Blut zeigen sich übrigens oft viele kleine Körperchen in tanzender Bewegung, welche unmöglich von Micrococcus zu unterscheiden sind.

Würde man übrigens bestimmt individualisirte Körperchen als Träger von Krankheitsstoffen im Blut etc. aufzufinden im Stande sein, so muss deren ganze unzweifelhafte Entwicklungsgeschichte bei fortwährender Beobachtung unter dem Mikroskop verfolgt werden. Zu solchen Beobachtungen können aber nur die allerstärksten Vergrösserungen mit Immersion Anwendung finden.

Bei der Anfertigung der Nährsubstrate kann man gar nicht vorsichtig genug sein. Wenn z. B. Hallier bei Cultur von Krankheitsstoffen auf Stärkekleister Tilletia Caries erzog, so mochte dieser Pilz sehr leicht vorher in dem zum Kleister verwendeten Amylum, aus Weizenkörnern bereitet, sich befunden haben und durch das Kochen nicht vollständig getödtet worden sein, so dass er dann nachher sich wieder weiter entwickeln konnte. Dieser Einwurf kann umsomehr leicht gemacht werden, weil es schwierig ist, durch Kochen alle Sporen in dem Kleister vollständig zu vernichten.

Eine ähnliche Bewegung, wie sie der Micrococcus zeigen

soll, beobachtet man sehr häufig an kleinen Körperchen bei Untersuchungen mit dem Mikroskop und sie wird meist als sog. Molecularbewegung betrachtet. Man muss sich also sehr vor Irrthümern hüten. Auch im Inhalte von Zellen, nicht blos bei Pilzen und Algen, sondern auch bei viel höheren Pflanzengebilden, z. B. in dem Innern von Pollenkörnern, kennt man solche Erscheinungen schon lange und hält sie auch hier, um ihr einen Namen zu geben, für eine besondere Art von Molecularbewegung; die Ursachen solcher Bewegungen sind freilich unbekannt.

Die Micrococcus-Theorie verträgt sich in der That schlecht mit den Anschauungen der meisten Naturforscher. Glaubte man doch das Höchste, das Aeusserste geleistet zu haben, als man die einzelne Zelle als Individuum auffasste; hier wird noch viel weiter gegangen; ein unendlich kleines Protoplasmapartikelchen, deren eine Zelle Tausende erzeugt, soll fähig sein, eine ganze Pflanze mit allen ihren Organen, ja nicht nur eine einzige Pflanze, sondern eine ganze Reihe in Folge des Generationswechsels hervorzubringen. Und warum sollte dann dies gerade blos bei Pilzen stattfinden, warum nicht auch bei Algen, Moosen etc.?

Möglicherweise könnte die ganze Methode unserer heutigen Untersuchungsweise auf diesem schwierigen Gebiete eine unrichtige sein und es wäre vielleicht ein anderer Weg dabei einzuschlagen.

Die Entstehung der Infectionskrankheiten der Menschen geht ausserordentlich wahrscheinlich von Pilzen oder pilzähnlichen Körpern aus, d. h. jener Organismen, welche die Vermittlungs- und Uebergangsstufe zwischen Algen und Pilzen herstellen. Für einige Krankheiten ist dies, wie im Vorhergehenden berichtet wurde, bereits unzweifelhaft festgestellt und für die übrigen haben wir Grund, dieselbe Ursache anzunehmen, besonders wenn wir den Verlauf der Epidemieen bei den Insecten und den Pflanzen überblicken. Plötzlich und unerwartet wie die Seuchen der Menschen treten sie auf und bereiten ganzen Familien Verderben, um dann oft eben so schnell sich wieder zu verlieren. Auch fällt der Umstand ins Gewicht, dass die Parasiten oft wohl nur zu gewisser Zeit, besonders bei der Fructification, nachtheilig wirken, während

sie in andern Stadien ihrer Entwicklung sich unthätig verhalten, sogar schon längere Zeit, ohne Schaden anzurichten, im Körper zugegen sein konnten.

Cohn stellt die Möglichkeit auf, dass unter den Schizomyceten und farblosen Palmellen des Brunnenwassers bei Epidemieen die mikroskopischen Träger specifischer Contagien vorhanden seien. Er beobachtete solche Körper zu Cholerazeiten in grösster Menge darin. Wir haben also gegenwärtig unser Hauptaugenmerk auf die Familie der Schizomyceten zu richten; es handelt sich darum, deren Lebensbedingungen, sowie ihre ganze Entwicklungsweise und ihre etwaige Zusammengehörigkeit mit Algen oder Pilzen so genau wie möglich festzustellen. Auch dürfte wohl durch ausgedehntere Anwendung von chemischen Reagentien und Beobachtung der dadurch hervorgebrachten Veränderungen und Färbungen in Betreff der Kenntniss der kleinsten Organismen Förderung zu erwarten sein. Die Infectionskrankheiten sind als Gährungen, als Fermenterscheinungen, durch die Thätigkeit niederer Organismen vermittelt, zu betrachten und solche Processe werden natürlich im Körper viel complicirter verlaufen als bei chemischen Versuchen.

Es muss wiederholt darauf hingewiesen werden, dass wohl alle Infectionskrankheiten im Anfang nur local auftreten und dass sie erst später allgemein werden, sobald der Verbreitung des dabei thätigen Parasiten kein Hinderniss im Wege steht. Daraus erklärt sich vielleicht der Widerspruch, dass die Einen Organismen gefunden haben, die Andern nicht; dieselben lassen sich anfangs in geringerer Menge nur in der Nähe des Infectionsheerdes nachweisen und erst in den höheren Stadien der Krankheit wird ihre Masse grösser und sie sind dann auch in andern Theilen des Körpers vorhanden.

Von hoher Bedeutung bei Entscheidung der Frage über die Wirksamkeit pflanzlicher Schmarotzer im menschlichen Körper sind Untersuchungen darüber, ob die Ansiedlung derselben ebenso gut im gesunden Organismus stattfinden kann, als in jenem, der bereits vorher in irgend einer Weise krankhafte Veränderungen erlitten hat. Der Beginn und der Verlauf der Pflanzen- und Thierepidemieen zeigt, dass die Parasiten sich stets auf den von ihnen befallenen Individuen ent-

wickeln, wenn anders die atmosphärischen Bedingungen ihrer Keimung günstig sind.

Zu ihrem Auftreten ist also hier keine besondere Prädisposition des Wirthes erforderlich; im Gegentheil, je gesünder derselbe ist und je kräftiger entwickelt, desto üppiger gedeiht auch der im Innern wuchernde Fremdling. Wir haben jedoch vielfache Gründe, das Erscheinen ansteckender Krankheiten beim Menschen mit einer Art krankhafter Anlage desselben dafür in Verbindung zu bringen. Leider sind unsere Untersuchungen darüber noch viel zu lückenhaft, um irgendwie mit Sicherheit etwas über diese jedenfalls sehr vielfach sich modificirenden Verhältnisse aussagen zu können.

Immerhin wird aber das Dunkel, welches über den Namen Contagium und Miasma bisher geschwebt hat, mehr und mehr gelichtet und unausgesetzte, beharrliche Forschung wird uns auch hier endlich zum Ziele führen. Man wird dann im Stande sein, diese heimlichen Feinde des Menschen zu bekämpfen, und die Wissenschaft würde damit der Menschheit einen Dienst geleistet haben, welcher sich ihren grössten Errungenschaften würdig an die Seite stellen kann.

Erklärung der in der Mycologie gebräuchlichen Ausdrücke.*)

A.

Acrosporen, Ectosporen heissen solche Sporen, welche sich von den im Innern von Ascis oder von Sporangien gebildeten Thecasporen dadurch unterscheiden, dass ihre Bildung in freier Luft stattfindet und dass sie auf einer Mutterzelle, der Basidie, aufsitzen. Sie entstehen auf dieser dadurch, dass eine sich immer mehr vergrössernde Ausstülpung gebildet wird, welche sich dann zuletzt durch eine Scheidewand als Spore abgrenzt. Die Basidie kann eine Spore erzeugen oder viele in Ketten oder Köpfchen stehende.

Aecidium wurde früher als eigene Pilzgattung aufgeführt. de Bary hat gefunden, dass es in den Entwicklungskreis der Uredineen gehört und als höchst entwickeltste Morphe derselben, als Fructifications-Organ, zu betrachten ist.

Aërophytische Pilze nennt Hallier diejenigen, welche auf der Oberfläche ihres Substrates die Fructificationsorgane zur Entwicklung bringen, gleichviel, ob sie auf lebenden Geschöpfen oder auf abgestorbenen organischen Producten schmarotzen. Die anaërophytischen Pilze dagegen reifen im Innern des Nährbodens, abgeschlossen von der atmosphärischen Luft.

*) Dieses Verzeichniss enthält eine möglichst vollständige Aufzählung der von bedeutenden deutschen Mycologen auf dem ganzen Gebiet der Pilzkunde gebrauchten Kunstausdrücke; es fehlt also eine Beschreibung einzelner Pilzgattungen und Arten, sowie die Erklärung von Bezeichnungen, z. B. wie Micrococcus, Arthrococcus, Cryptococcus etc. Darüber s. im Register und im Anhang.

Anastomosen sind am Mycel und den Fruchthyphen der Pilze sehr häufig; benachbarte Fäden legen sich aneinander, die Membranen der Berührungsstellen werden resorbirt und die so verwachsenen Hyphen bilden bald dicke Stränge, bald netzförmig gestaltete Gebilde.

Annulus wird der häutige Ring genannt, welchen das vom Hutrande abgerissene Velum bei den Hutpilzen bildet. Ist derselbe nach unten trichterförmig erweitert, so heisst er a. superus, (s. armilla); ist er dagegen oben weiter als unten, so wird er a. inferus genannt.

Antheridium heisst das männliche Geschlechtsorgan der Pilze, welches sich an das weibliche, das Oogonium, anlegt, worauf es von seiner Hyphe als selbstständiges Organ sich abgrenzt. Ob im Antheridium auch Samenkörperchen oder Spermatozoïden gebildet werden, welche in das Oogonium eindringen und dieses befruchten, ist noch nicht mit Bestimmtheit nachgewiesen worden; meist findet die Befruchtung bloss auf diosmotischem Wege statt, wobei das Anth. bisweilen auch einen Schlauch ins Innere des Oogoniums hineintreibt. Das A. ist eine Zelle von verschiedener Gestalt, länglich-cylindrisch oder keulig angeschwollen.

Appendiculae heisst de Bary die schlauchförmigen Ausstülpungen der Aussenwandzellen an den Perithecien bei den Pyrenomyceten, zierlichen Haaren ähnlich sehend.

Archegonium, Oogonium ist das weibliche Geschlechts-Organ, welches vom Antheridium befruchtet wird. Es ist eine reich mit Plasma erfüllte kuglige Zelle, welche sich nach der Befruchtung mit einer Membran umgiebt, und dadurch zu einer geschlechtlich entstandenen Spore, Oospore, wird oder mehrere solche in ihrem Innern ausbildet.

Armilla, Manschette, heisst das vom Hymenium losgerissene Velum, wie es z. B. beim Fliegenschwamm, Agaricus muscarius, vorkommt. Dasselbe bleibt in Gestalt eines Trichters am Stiele des Hutes hängen.

Arthrosporen, Gliedersporen, werden durch succedane Abschnürung auf den Basidien gebildet in Gestalt von Köpfchen, von einfachen oder verästelten Sporenreihen.

Asci oder Sporenschläuche. Es sind Sporenmutterzellen, welche meist 8 Sporen durch freie Zellbildung in ihrem

Innern ausbilden. Sie entstehen meist in grosser Anzahl auf einer Hymenialfläche, wo sie dann häufig von Paraphysen umgeben sind. Ihre äussere Form ist gewöhnlich keulenförmig. Die in ihnen gebildeten Sporen heissen Ascosporen, (Thecasporen), im Gegensatz zu den auf freien Trägern abgeschnürten Basidiosporen. S. Acrosporen.

Ascogonium oder **Carpogonium** nennt de Bary eine Zelle, welche bei den Kernpilzen (Pyrenomyceten) auftritt. Sie ist oft schraubenförmig gewunden, theilt sich später in mehrere Zellen und versieht die Stelle einer Eizelle, indem sie vom Inhalt der an ihr hinaufwachsenden männlichen Zelle, dem Pollinodium, durch diosmotischen Vorgang befruchtet wird, worauf dann aus Ausstülpungen der einzelnen Zellen und Abgliederung die Schläuche, Asci, entstehen.

Autöcische Pilze durchlaufen ihren ganzen Generationswechsel nur auf einem Wirth, während bei den heteröcischen die einzelnen Entwicklungsstadien an mehrere ganz bestimmte Nährpflanzen gebunden sind, auf welchen allein ihre Ausbildung stattfinden kann.

Azygosporen entstehen entgegengesetzt den Zygosporen nicht durch Copulation; die Zellen, durch deren Verschmelzung sonst die Zygospore entsteht, bleiben hier frei und bilden sich selbstständig zu derbwandigen Sporen aus, welche auf einer Trägerzelle aufsitzen.

B.

Basidien sind Sporenträger, an deren Spitze durch Abschnürung die Sporen entstehen. Häufig sind noch besondere Sterigmen vorhanden. Die Sporen können auf den Basidien einzeln oder in Reihen abgeschnürt werden, in letzterem Falle ist die unterste Spore die jüngste. Ihre Bildung ist ferner entweder gleichzeitig, simultane Basidien, oder es entsteht eine nach der andern, succedane Basidien.

Basidiosporen heissen die auf Basidien ausgebildeten Sporen.

Befruchtungskugel ist die im Protoplasma des reifenden Oogoniums auftretende, durch Fetttropfen dunkel gefärbte Masse. Nach der Befruchtung umgiebt sie sich mit einer Membran und wird dadurch zur Oospore.

Befruchtungsschlauch ist eine schnabelförmige Ausstülpung der Antheridie durch die Oogoniumwand zur Befruchtungskugel.

Er vermittelt wahrscheinlich auf diosmotischem Wege die Befruchtung.

Beschleierte Agarici s. Velum.

Bewegliche Sporen = Schwärmsporen.

Bewegung findet in den Zellen sehr häufig statt, besonders in jugendlichen, schnell wachsenden. Die Strömung geschieht auf sehr verschiedene Weise, gewöhnlich an der Grenze des äusseren dichteren Protoplasmas und der innersten Zellflüssigkeit. Es können auch Stränge von strömendem Protoplasma von einer Zellwand zur anderen gehen, wobei die Richtung der Ströme mannigfach wechselt. Der Zellkern wird häufig mit fortgerissen. Diese Strömungen werden durch eine gewisse Temperatur (circa 30°) vermehrt.

Blaufärbung des Pilzfleisches an der Luft kommt besonders häufig bei verschiedenen Boletusarten vor. Nach Schönbein rührt es von einem Harz und dem Ozon-Gehalt der Luft her.

Brutzellen, Gemmen, finden sich besonders häufig an den in Flüssigkeiten untergetauchten Hyphen von Mucorarten. Sie entstehen aber auch in freier Luft, wenn das Mycelium bereits alt und im Absterben begriffen ist. Die Fäden schwellen an einzelnen Stellen stark an, diese Anschwellungen gliedern sich durch Scheidewände ab, sie erhalten eine tonnen- oder birnförmige Gestalt und bleiben lange nach Zerstörung des übrigen Mycels keimfähig, indem sie sich wieder zu typischem Mucor ausbilden können. Bail nannte sie Gonidien. In gährungsfähigen Flüssigkeiten vermehren sich dieselben durch Sprossung und bilden Kugelhefe. Es entstehen dabei, wenn die einzelnen Zellen zusammenhängend bleiben, die verschiedensten, wunderlichsten Formen.

Byssusfäden entstehen an feuchten dunklen Orten. Sie sind wahrscheinlich wucherndes Mycelium von verschiedenen Pilzen und tragen niemals Sporen.

C.

Capillitium sind die röhrigen, im Alter meist gefärbten Stränge, welche die Fruchtträger der Bauchpilze (Gastromyceten) durchziehen. Bei der Reife verlieren sie ihren flüssigen Zellinhalt und stellen dann, vermischt mit den Sporen, ein trockenes Haargeflecht dar.

Carpogonium s. Ascogonium.

Chlamydosporen sind derbwandige, mit dunklem Inhalt erfüllte Sporen. Woronin beobachtete sie z. B. am Mycelium von Ascobolus, und Coemans beschreibt unter diesem Namen Sporen, welche auch von einem dichten Fadengeflecht umgeben sind und die er zu Pilobolus rechnet. Es ist aber zweifelhaft, ob diese bei Pferdemistkulturen oft massenhaft auftretenden Sporen wirklich dahin zu zählen sind.

Cilien sind peitschenförmige Organe, welche, eines oder mehrere, von der Oberfläche der Schwärmsporen abgehen, lebhaft hin- und herschwingen und auf diese Weise die Bewegung der letzteren vermitteln.

Collenchym, Leimgewebe, eine knorpliche Faserschicht, welche im Wasser stark aufquillt, wodurch sie ein gallertartiges Ansehen erhält. Solches Gewebe findet sich im Behälter von Gastromyceten.

Columella, Mittelsäulchen. Es ist die kopfförmig ins Innere der Sporangien bei den Mucorineen hineinragende Querwand, welche die Fruchthyphe vom Sporangium abgrenzt. Bringt man ein reines Mucorköpfchen ins Wasser, so wird die Sporangiumwand zerstört und die Columella frei gelegt.

Conceptacula, Perithecien, Pyrenien, heissen die rundlichen, keulen- oder krugförmigen Fruchtbehälter der Pyrenomyceten, innerhalb welcher die Asci mit den Sporen gebildet werden. Oft sind sie mit einem Hals versehen; sie bestehen aus mehreren Schichten, deren äusserste, die Rindenschichte, mit mannigfach gestalteten Haaren besetzt ist.

Conidien heissen die einzeln, in Köpfchen oder in Ketten, gewöhnlich von Sterigmen abgeschnürten, ungeschlechtlichen Fortpflanzungszellen, wie sie z. B. bei Penicillium gebildet werden. S. Acrosporen.

Cortina, Vorhang, ist der abgerissene, in Fetzen am Hutrande herabhängende Schleier der Hymenomyceten. S. Velum.

Copulation ist ein der geschlechtlichen Befruchtung sich anschliessender Process. Sie findet z. B. bei Syzygites megalocarpus, einem Pilze, welcher auf verwesenden Hymenomyceten sich findet, in der Weise statt, dass je zwei sich gegenüberliegende Hyphen eine Aussackung treiben, die keulenförmig wird, Fruchtkeule genannt. Die Enden

der beiden Zellen grenzen sich als selbstständig von ihren Trägerzellen, Suspensoren, ab, wachsen an einander, die Zwischenwand wird resorbirt und es entsteht so aus dieser Copulationszelle eine mit starkem Epi- und mit Endosporium versehene Zygospore, welche von den Suspensoren getragen wird. Bei Piptocephalis, welches parasitisch auf Mucorineen wächst, bildet sich die Copulationszelle nicht direct zur Zygospore aus, sondern an derselben entsteht eine rundliche, mit Warzen versehene Ausstülpung, welche schliesslich von der Copulationszelle durch zwei Wände abgegliedert wird. Die so zu Stande gekommene Spore ist eine Dauerspore; sie bedarf ebenso wie die übrigen Zygosporen, vor ihrer Keimung einer längeren Ruheperiode.

Copulationszelle s. Copulation.

Cupula heisst der fleischige Theil der Discomyceten und Ascomyceten, auch Stroma genannt. Die Cupula ist das ascustragende Product der geschlechtlich sich befruchtenden Zellen des Myceliums.

Cylinderconidien nennt de Bary wegen ihrer cylindrischen Gestalt die Zellen, welche von den Kleimschläuchen verschiedener Pilze abgeschnürt werden, die durch die Haut von Insecten ins Innere des Körpers derselben eingedrungen sind.

Cystiden sind eigenthümliche blasige Zellen, welche auf dem Hymenium der Hutpilze vorkommen. Sie wurden früher für männliche Organe, Antheridien, Pollinarien, gehalten, scheinen aber nichts als Haarbildung oder Paraphysen zu sein.

D.

Dauermycelium besteht aus verdicktem, vereinigtem Pilzgewebe, welches geeignet ist, lange Zeit den Natureinflüssen zu widerstehen und so die Art zu erhalten. Es bildet die sog. Sclerotien, knollenförmige Körper, welche im Innern meist eine pseudoparenchymatische Structur und aussen eine derbe, gefärbte Rindenschicht besitzen.

Dauersporen oder ruhende Sporen werden diejenigen genannt, welche nicht im Stande sind, nach ihrer Entstehung auch sogleich ihre Weiterentwicklung zu beginnen. Sie bedürfen vielmehr einer längeren Ruhezeit und erst nach Verlauf

derselben sind sie keimfähig. Viele Sporen verhalten sich z. B. während des ganzen Winters hindurch völlig unthätig, erst im Frühjahr erwacht ihre Lebensthätigkeit.

E.

Ectosporen, s. Acrosporen.

Einschlag, s. Trama.

Eizelle, s. Oogonium.

Ejaculation oder Eructation heisst derjenige Process, welcher bei den mit Ascis versehenen Pilzen bei der Reife derselben eintritt. Die wässrige Flüssigkeit im Ascus wird fortwährend vermehrt, wodurch derselbe sehr ausgedehnt wird, bis endlich der Druck im Verein mit dem der übrigen im Hymenium befindlichen Asci zu stark ist und die Membran an einer gewöhnlich vorhandenen dünneren Rissstelle gesprengt wird, worauf die Sporen sich entleeren, während die zusammenschnurrende Haut des Ascus unter die Hymenialfläche zurückkehrt.

Endophytische Pilze sind solche, welche ihr Mycelium im Innern ihrer Nährpflanze auf Kosten derselben ausbreiten und blos behufs der Sporenbildung die Epidermis durchbrechen.

Endosporium ist die meist farblose, zarte Innenhaut solcher Sporen, welche eine deutliche Sonderung von Innen- und Aussenhaut erkennen lassen.

Epiphragma, Deckelhülle, ist eine bei den Nidularieen vorkommende dünne Schichte der Peridie, welche den Scheitel derselben in unreifem Zustande überkleidet. Bei der Reife, wo sich der Pilz ausdehnt und eine becherförmige, nach oben erweiterte Gestalt annimmt, wird diese Schicht zerrissen und verschwindet.

Epiphytische Pilze heissen solche, welche auf der Oberfläche ihrer Wirthe sich ansiedeln, und zum Zwecke der Aufnahme von Nahrung Haustorien durch die Epidermis in's Innere der Nährpflanze einsenden.

Epiplasma nennt de Bary diejenige Modification des gewöhnlichen Protoplasmas, welche nach der Ausbildung der Sporen in den Ascis erscheint, und sich durch glänzendes Anseln und roth- bis violettbraune Jodreaction auszeichnet.

Episporium seu **Exosporium** nennt man die Aussenhaut der

Sporen. Sie ist meist von derber Beschaffenheit, oft gefärbt und mit verschiedenen Prominenzen an der Aussenseite versehen.

Erismata ist Massalongo's Bezeichnung für Sterigmen, s. d.

Eructation s. Ejaculation.

Exosporium s. Episporium.

F.

Fäulnissbewohner s. Saprophyten.

Fortpflanzungszellen finden sich bei den Pilzen ebenso, wie bei den meisten übrigen Pflanzen solche auf geschlechtlichem und auf ungeschechtlichem Wege entstandene. Sie veranlassen durch Keimung, Sprossung etc. die Entstehung neuer Individuen.

Fruchthyphen oder **Fruchtfäden** sind Abzweigungen aus dem Mycelium, welche nur aus einem Faden bestehen und an ihrer Spitze die Sporen ausbilden.

Fruchtkeulen s. Copulation.

Fruchtkörper ist ein durch Vereinigung mehrerer Pilzfäden entstandener Fruchtträger im Gegensatz zu den Fruchthyphen. Bildet sich das Hymenium auf der äusseren Seite des Fruchtkörpers aus, so heisst er gymnocarp, bildet es sich im Innern aus, angiocarp.

Fruchtschichte s. Hymenium.

Fruchtträger oder **Fruchtboden** = Receptaculum.

Funiculus heisst der Hyphenstrang, mit welchem bei den Nidularieen die Sporangien an der Innenseite der Peridie angeheftet sind.

G.

Gemmen s. Brutzellen.

Generations-Wechsel. Man versteht darunter die in den letzten Jahrzehnten aufgefundene Erscheinung, dass viele Pflanzen und Thiere im Stande sind, in verschiedenen Formen und mit verschiedenen Fortpflanzungs-Organen aufzutreten. Es zeigt sich dabei eine regelmässige Abwechslung, so dass z. B. nach dem Erscheinen von 2 oder 3 Formen wieder die erste zum Vorschein kommt. Bei den Pilzen findet sehr häufig ein solcher Generationswechsel statt.

Gleba wird bei den Gastromyceten die Gewebemasse genannt, welche innerhalb der Peridie sich findet. Sie besteht aus

einer Innenschicht und den an beiden Seiten anliegenden Hymenialflächen. An ihr sind die Sporen tragenden Basidien aufgesetzt und sie durchbricht, Kammern bildend, den ganzen Fruchtbehälter.

Glomeruli, Knäuel, sind die vielgliedrigen Sporenanhäufungen, wie sie durch succedane köpfchenweise Abschnürung bei vielen Fadenpilzen, z. B. bei Botrytis, gebildet werden.

Gonidien s. Brutzellen.

H.

Haustorien, Haftorgane, Saugwarzen, sind lappige Aussackungen an den Mycelfäden mancher Pilze, womit sie sich fest an die Epidermis oder, wenn sie sich in den Intercellularräumen befinden, an die Zellwände anlegen, diese durchbrechen und in's Innere derselben eindringen. Man unterscheidet H. exappendiculata, wo die in die Zelle eindringende Saugwarze an der Spitze keulig anschwillt, während bei den H. appendiculatis an der Spitze dieser keuligen Anschwellung noch ein dünner Fortsatz ausgetrieben wird. Die H. lobulata haben viele solcher lappiger Fortsätze.

Heteröcische Parasiten s. autöcische P.

Hylus ist eine Pore oder ein Tüpfel, welcher sich im Scheitel mancher Sporen findet, und durch welchen der Keimschlauch hervorgetrieben wird. Oft finden sich mehrere solcher Tüpfel auf dem Umkreis der Sporenhaut vertheilt.

Hymenialschichte nennt man die fruchttragende Fläche der Pilze, s. Hymenium.

Hymenium, Schlauch- oder Sporenschichte, heisst die flächenartige Ausbreitung des Pilzkörpers, in welche die Endverzweigungen der Hyphen desselben auslaufen. Auf diesen Hyphen entstehen dann entweder Sporenschläuche mit Paraphysen oder Basidien, auf welchen die stets ungeschlechtlichen Sporen gebildet werden.

Hymenophorum, Schlauchschichtträger oder Sporenschichtträger, ist der Theil des Fruchtkörpers, welcher die Grundlage für das Hymenium bildet, aber selbst keine Sporen trägt.

Hyphae sind die Fäden, aus welchen der Pilzthallus zusammengesetzt ist. Es sind lange, schlauchförmige Zellen mit Spitzenwachsthum, aus einer Zelle oder aus Zellreihen bestehend.

Hyphasma, Flockenmasse, ist Wallroth's Bezeichnung für Mycelium.

Hypopodium, Hypostroma, Hypothallus sind Ausdrücke für ein Mycelium, dessen einzelne Fäden zu einem Polster vereinigt sind. Es besteht bald aus rundlichen, bald aus langgestreckten Zellen.

Hypothecium bezeichnet Woronin die Hyphen, welche die Hymenialfläche bei Exobasidium Vaccinii bilden.

I.

Innenhaut s. Endosporium.

Involucrum nennt N. v. Esenbeck die Peridie der Phallus-Arten.

K.

Keimfaden, Keimschlauch heisst die Ausstülpung der keimenden Sporen in Gestalt einer oder mehrerer Hyphen, welche sich durch Spitzenwachsthum verlängern und, sich verzweigend, zum Mycelium heranwachsen, s. Promycelium.

Keimporen sind helle, lichte Flecken auf der Sporenhaut, an welchen die Membran verdünnt ist und durch welche das Austreiben des Keimschlauches stattfindet.

Keimung der Pilzsporen findet in viererlei Formen statt: 1. treiben sie einen gewöhnlichen Faden aus; 2. bilden sie einen Vorkeim, der secundäre Sporidien abschnürt; 3. bilden sie hefeartige Sprossungen; 4. die Spore theilt sich durch Scheidewände und keimt dann erst. Die einzelnen Abtheilungen solcher Sporen keimen jede für sich direct oder sie bilden noch ein Promycelium.

Kranzkörperchen werden die H-förmig sich verbindenden, in einem Wirtel stehenden Sporidien von Tilletia Caries und andern Ustilagineen genannt.

L.

Lamellen heissen die stark vorspringenden, dünnen Platten, welche die Unterseite des Hutes bei den Agaricus-Arten auszeichnen. Die äusseren Seiten dieser Lamellen bilden die Hymenialflächen, auf welchen die Sporen hervorgebracht werden. Die Lamellen verlaufen entweder radial vom Stiele zum Hutrand, oder sie bilden concentrische Kreise, oder sie sind netzartig mit einander verbunden.

Loculamenta heissen die Kammern im Innern der Lycoperdaceen, welche mit den Basidien ausgekleidet sind, an denen die Sporen hervorkommen.

M.

Macroconidien, auch Macrosporen nennt Hallier die bei der Cultur von Penicillium crustaceum auf sehr stickstoffreichem Boden in der Luft entstehenden grossen Sporen, welche wohl als eine Missbildung der gewöhnlichen Sporen anzusehen sind. Hallier ist aber der Meinung, dass durch diese Sporen ein allmähliger Uebergang des Penicillium zu Mucor vermittelt werde. Im Innern von Stärkekleister sollen diese Macroconidien in die gegitterten Sporen von Tilletia Caries übergehen.

Macrosporen s. Macroconidien.

Merenchym ist eine Form des Parenchyms; alle Zellen sind einander an Grösse so ziemlich gleich, aber von runder oder ovaler Gestalt. Es entsteht durch unvollständige gegenseitige Berührung der Zellen.

Merisporen, Theilsporen. Sie entstehen aus solchen Sporen, welche durch Querwände in eine Reihe von Gliedern getheilt sind, wie es z. B, bei den Sporen in den Ascis von Cordyceps militaris der Fall ist. Nach der Ejaculation zerfällt die Spore in ihre einzelnen Abtheilungen, bildet Theilsporen und jede derselben treibt selbstständig einen Keimschlauch.

Microgonidien nennt Karsten sehr kleine, entwicklungsfähige Zellchen, welche theils in sich zersetzenden grossen Zellen gebildet werden und dann dem Micrococcus Hallier's ähnlich sind, oder die auch direct von Mycelium oft in langen Reihen abgeschnürt werden.

Microcysten sind die Ruhezustände der Schwärmer der Myxomyceten.

Microstylosporen nennt Woronin die Stylosporen, welche er in den Pycniden von Sordaria coprophila gefunden hat, und welche sich durch ihre besondere Kleinheit auszeichnen.

Mittelsäule s. Columella.

Monocarpische Pilze, s. Polycarpische Pilze.

Mycelium. Mit diesem Namen wird das Hyphengewebe bezeichnet, welches aus den Keimfäden der Sporen durch Ausbreitung und Verzweigung derselben entsteht. Das Mycelium wuchert im oder auf dem Boden des Nährsubstrates, es vertritt bei den Pilzen die Stelle der Wurzel

und von ihm aus erheben sich die fruchttragenden Fäden oder ein Complex von solchen, die Fruchtkörper. Seine Lebensdauer kann eine längere, oft Jahre lange sein, meist aber ist es bald vergänglich. S. Dauermycelium.

Mycologie, (ὁ μῦκος oder ὁ μύκης, der Pilz,) Pilzkunde.

O.

Oogonium ist das weibliche Geschlechtsorgan der Pilze. Es sind meist kugelförmig angeschwollene, protoplasmareiche Zellen, welche an einem Stielchen oder Mycelfaden aufsitzen. Bei der Reife sondern sich im Innern aus dem Protoplasma eine oder mehrere runde Kugeln aus, die keine Membran besitzen und Befruchtungskugeln heissen. Die Membran bekommen diese Kugeln erst, wenn die Antheridie den Befruchtungsschlauch durch die Oogoniumwand bis an ihre Oberfläche getrieben hat.

Oospore heisst die befruchtete, mit einer Cellulosemembran umgebene Befruchtungskugel in den Oogonien. Oft bilden sich mehrere solcher Oosporen in der weiblichen Zelle, sie lassen im reifen Zustande Epi- und Endosporium erkennen und machen eine längere Ruhezeit durch, bevor sie keimen.

Ostiolum ist die Mündung des Peritheciums der Kernpilze. Aus ihr treten die Asci im reifen Zustande heraus, vermischt mit Schleim und bleiben dann oft als Ranken vor dem Ostiolum hängen. Dieses ist theils kurz, theils mit einem langen Halse versehen und auf der Innenseite oft mit dichten Haaren, Periphysen, besetzt.

P.

Paraphysen sind ein- oder mehrzellige haarähnliche Organe, meist an der Spitze keulig angeschwollen, welche mit den Ascis von den hymeniumtragenden Hyphen entspringen und zwischen jene eingeschoben sind.

Paraphysenhülle, Pseudoperidie, nennt man die aus einer einfachen Reihe parenchymatischer Zellen bestehende Hülle, welche bei den Aecidiumformen der Uredineen das Hymenium und die von ihm ausgehenden Sporenreihen umgiebt. Diese Hülle vergrössert sich mit dem Wachsthum der Sporen, bei der Reife wird die oberste Schichte durchbrochen und das Aecidium nimmt dann eine becherförmige Gestalt an.

Parasitische- oder **Schmarotzer-**Gewächse heissen diejenigen Pflanzen, welche zu ihrer Entwicklung theils lebender, theils abgestorbener anderer Organismen bedürfen. Sie sind also auf vorgebildete organische Verbindungen angewiesen und nehmen ihre ganze Nahrung aus denselben auf. Dadurch bewirken sie, wenn sie sich auf gesunden Pflanzen oder Thieren ansiedeln, eine Desorganisation und schliessliche Zerstörung der betreffenden Theile, welche sie befallen.

Parastade heisst die Basis der Peridie bei der Gattung Lycoperdon, welche nach Zerstörung des oberen sporentragenden Theiles derselben zurückbleibt.

Periderma s. Peridium.

Peridiolum heisst die Blase, in welcher bei den Mucorineen die Sporen gebildet werden, s. Sporangium.

Peridium, Uterus, Periderma ist das rundliche, sackartige, im Anfang geschlossene Gehäuse des Fruchtkörpers der Gastromyceten. Es ist meist aus mehreren Schichten zusammengesetzt, und man unterscheidet P. externum und P. internum. Die innere Peridie ist zart, sie öffnet sich in verschiedener Weise bei der Reife; die äussere ist derb, häufig mit Haaren oder hervortretenden Warzen und Stacheln besetzt.

Periphysen s. Ostiolum.

Perithecium = Conceptaculum.

Plasmodium heissen die eigenthümlichen, rahmartigen Protoplasmamassen, aus welchen die Sporenbehälter der Myxomyceten entstehen. Sie zeigen eine kriechende Bewegung.

Pleocarpisches Mycelium heisst ein solches, welches perennirt und jährlich zu bestimmten Zeiten neue Fruchtträger entwickelt; monocarpisches Mycelium erzeugt solche nur während einer einzigen Vegetationsperiode. Derselbe Unterschied findet zwischen polycarpischen und monocarpischen Pilzen statt.

Pleomorphie. Damit bezeichnet man die Eigenschaft vieler Pilze, in mehreren Formen auftreten zu können. Von diesen Formen mit verschiedenen Reproductionsorganen nimmt gewöhnlich eine die höchste Stelle ein und ist meist durch einen geschlechtlichen Vorgang entstanden. Der

Uebergang von einer Form in die andere lässt sich meist nachweisen, und häufig ist man im Stande, an ein und demselben Mycelfaden mehrerlei zu einem Pilze gehörige Formgenera zu beobachten. Durch die Entdeckung dieses Polymorphismus der Pilze wurden viele früher getrennt beschriebene Arten in eine einzige vereinigt.

Pollinarien s. Cystiden.

Pollinodium s. Ascogonium.

Polymorphismus = Pleomorphie.

Pori kommen häufig auf der Haut der Sporen vor. Es sind Verdünnungen der Membran und den Tüpfeln höherer Pflanzen vergleichbar. Doch heissen auch die Röhren der Polyporus- und Boletus-Arten Pori (s. Tubuli). Vgl. auch Keimporen.

Primordialkugeln werden von de Bary die durch die Epidermis ins Innere der Nährzellen eingedrungenen Zoosporen von Synchytrium Taraxaci genannt. Dieselben dehnen sich bedeutend aus und theilen sich schliesslich in zahlreiche Zellen, innerhalb welcher neue Schwärmsporen gebildet werden. Die Primordialkugeln bilden in diesem Zustand also Aggregate von Sporangienhaufen oder sog. Sori.

Promycelium, Vorkeim, ist ein Keimschlauch mit begrenztem Längenwachsthum. Er assimilirt nicht; zu seiner Entwicklung wird der Inhalt der Spore verwendet. Er schnürt secundäre Sporen, Sporidien, ab, welche dann auf gewöhnliche Art keimen.

Propagations-Organe nennt man solche, welche blos der Vermehrung und grösseren Verbreitung eines Pilzes auf ungeschlechtlichem Wege dienen, während Fructificationsorgane die bei der geschlechtlichen Fortpflanzung auftretenden genannt werden.

Pseudoparenchym heisst de Bary das dem gewöhnlichen Parenchym ähnliche Gewebe der Pilze. Es entsteht aus den Zellfäden, woraus ja alles Pilzgewebe gebildet ist, durch Ausdehnung und Verschiebung derselben. Dasselbe bildet besonders die Oberfläche grösserer Pilze.

Pseudoperidie s. Paraphysenhülle.

Pseudopodien heissen die Plasmafortsätze, welche die Schwärmer der Myxomyceten bei ihrer Bewegung ausschieben und einziehen.

Pycniden nennt man die auf dem Mycel von Pyrenomyceten, sowie auch bei einigen nur wenigen Flechten vorkommenden Fruchtbehälter, welche in ihrem Innern auf stielförmigen Basidien Sporen, sog. Stylosporen, erzeugen. de Bary hat nachgewiesen, dass bei den Erysipheen die früher ebenfalls für eine besondere Fruchtform derselben gehaltenen Pycniden nicht zum Entwicklungskreis dieser Familie gehören, sondern dass sie hier von einem im Innern des Mycels wuchernden zweiten Parasiten, dem Cicinnobolus, gebildet werden. Auch bei den Flechten werden sie wohl besser als Spermogonien bezeichnet.

Pyrenien = Conceptacula.

R.

Receptaculum, Thalamium, Fruchtboden, heisst derjenige Theil höherer Pilze, welcher, aus einer engen Vereinigung von Hyphen bestehend, die Fortpflanzungsorgane trägt.

Rhizinen, Haftfasern, dringen, zarten Wurzelspitzen ähnlich, in den Nährboden und vermitteln die Aufnahme der Nahrungsstoffe.

Rissstelle bezeichnet einen Punkt oder ein Streifchen im Scheitel des Ascus, wo die Membran weniger dicht und dehnbar ist, so dass sie hier, oft in Gestalt eines Deckels, zerrissen wird, worauf dann durch die Oeffnung die Sporen mit einem Theil des Protoplasmas hervorschnellen.

S.

Saprophyten, Fäulnissbewohner, nennt de Bary solche Pilze, welche sich auf leblosen organischen Substanzen und deren Zersetzungsproducten ansiedeln, zum Unterschied von den Parasiten, welche auf lebenden Organismen zur Entwicklung gelangen.

Sclerotium s. Dauermycelium.

Schlauchschichte s. Hymenium.

Schnallenzellen finden sich häufig an septirten Hyphen, indem eine von zwei, durch eine Querwand getrennten Zellen, eine Ausstülpung hervortreibt, wie einen Ast, welcher aber kurz bleibt und sich halbkuglich fest an die Wand der andern Zelle anlegt, so dass ein kleines Oehr entsteht.

Schwärmsporen sind nackte, einer Cellulosemembran entbehrende Protoplasmakörper, welche in Sporangien durch

Theilung des Inhalts derselben gebildet werden. Nach dem Ausschlüpfen aus der zerrissenen Sporangiumwand bleiben sie manchmal ruhig vor demselben liegen, bisweilen häuten sie sich nochmals, meist aber zeigen sie eine selbstständige, lebhaft rotirende oder schraubenförmige Bewegung, welche durch schwingende Cilien vermittelt wird. Diese Bewegung dauert mehr oder minder lang, und nach ihrem Aufhören setzt sich die Schwärmspore fest, umgiebt sich mit einer Membran und treibt einen Keimschlauch. Durch Tödten der Schwärmer mit Jodtinctur werden die Cilien sichtbar gemacht.

Solitärsporen nennt man solche, welche abgesondert von den übrigen, in gemeinschaftlichen Häufchen entstandenen, vereinzelt an abgelegenen Stellen zum Vorschein kommen.

Sori s. Primordialkugeln.

Spermatien sind kleine, meist stabförmige, oft halbmondförmig gekrümmte, farblose Körperchen, welche in grosser Menge in besonderen rundlichen Behältern, den Spermogonien, gebildet werden. Bisweilen, wie bei Triphragmium Ulmariae und bei Phragmidium, kommen sie, wie Magnus fand, ohne ein Gehäuse zu bilden, unmittelbar unter der Epidermis auf senkrecht stehenden Basidien hervor. Die Bedeutung der Spermatien ist noch unsicher, einige halten sie für männliche Sporen, Androsporae; für viele ist es noch nicht gelungen, sie zum Keimen zu bringen.

Spermatocalia nennt Massalongo die Spermogonien.

Spermatozoïden, Samenkörperchen. Es sind die befruchtenden kleinen Körperchen, welche in den Antheridien gebildet und beim Geschlechtsvorgang ins Oogonium entlassen werden. Bei Pilzen hat man sie, obwohl sie wahrscheinlich öfters vorhanden sind, noch nicht mit Sicherheit auffinden können.

Spermogonien, Spermatocalia, sind convexe, polsterförmige, meist aber rundliche Gehäuse, welche in das Gewebe ihres Wirthes eingesenkt sind, und eine Form im Entwicklungskreis des zugehörigen Pilzes ausmachen. Ihre Innenseite ist mit einer Hymenialfläche bekleidet, auf welcher in grosser Menge die Spermatien abgeschnürt werden und später, mit Gallerte vermischt, als Kugeln oder rankenförmige Massen aus der Mündung des S. hervortreten.

Sphacella bezeichnet die erste Entwicklungsstufe des Mutterkorns. Sie stellt eine weisse Pilzmasse dar, aus farblosen Hyphen gebildet, und durch ihre Ausbreitung überzieht sie die Fruchtknoten der Grasblüthen vollständig, bis sie dann von dem Sclerotium, dem eigentlichen Mutterkorn, von unten her verdrängt und in die Höhe geschoben wird, worauf sie vertrocknet.

Sporae septatae, multiloculares, compositae, cellulosae nennt man Sporenkörper, bei welchen durch Scheidewandbildung die Mutterzelle in mehrere Fächer getheilt worden ist. Es entstehen so zusammengesetzte Sporen, Sporenbündel, Sporidesma, deren Glieder aber die Eigenschaften einzelner Sporen besitzen, d. h. sie können in einen Keimschlauch auswachsen.

Sporangiolen, nennt man die kleinen, nur wenige Sporen einschliessenden Sporangien, welche neben einem bei weitem grösseren Sporangium an ein- und demselben Pilze vorkommen, wie es z. B. bei Thamnidium elegans, einer Mucorinee, der Fall ist, wo seitliche, dichotomisch verzweigte Aeste zahlreiche Sporangiolen hervorbringen, während die Haupthyphe ein endständiges grosses Sporangium trägt.

Sporangium, Sporenbehälter, heissen die blasigen Sporenmutterzellen, aus deren Plasmainhalt sich theils durch simultanes Zerfallen in viele kleine Parthieen, theils durch ächte Zelltheilungen mit Scheidewandbildung eine grosse Anzahl von Sporen entwickeln, welche dann später durch Sprengen oder durch allmählige Auflösung der Sporangiumwand frei werden.

Spore, Spora, im Allgemeinen nennt man jede einzelne geschlechtliche oder geschlechtslose Fortpflanzungszelle der Pilze. Gleichgültig also, ob diese Zellkörperchen einzeln, in Ketten oder in Knäulchen auf Basidien, oder ob sie im Innern von Sporangien oder Ascis entstanden sind, heissen sie alle Sporen und je nach ihrem Ursprung erhalten sie dann verschiedene Beinamen. Ihr gemeinschaftliches Kennzeichen ist, dass sie im Stande sind, in einen oder mehrere Keimschläuche auszuwachsen. Die Sporen besitzen die verschiedenste Gestalt; ihre Oberhaut ist bald farblos, glatt, bald gefärbt und mit mannigfachen Verdickungen versehen.

Sporenkörper s. Sporae septatae.

Sporenplasma ist das farblose, feinkörnige, schleimige Protoplasma, welches das Innere der unreifen Sporangien erfüllt und aus welchem die Sporen entstehen.

Sporidangien nennt Caspary blasenförmige Behälter, welche zahlreiche, stabförmige Sporidien enthalten, und die auf einigen Peronosporeen im Parenchym der Nährpflanze sich vorfinden. Es sind Pycniden, die nicht in die Entwicklung dieser Peronosporeen gehören.

Sporidesma s. Sporae septatae.

Sporidien nannte man früher die zusammengesetzten Sporenkörper. Jetzt bezeichnet man damit überhaupt sehr kleine Sporen. Man versteht darunter auch die vom Promycelium abgeschnürten secundären Sporen. s. Promycelium.

Sporisorium nennt Link die Sporenbildungszellen oder Basidien.

Sporoïden heisst Hallier angeschwollene Micrococcus-Zellen, welche, je nach dem Substrat zu keimen oder zu sprossen beginnen.

Sporophores, Sporenträger = Basidie.

Sterigmen nennt man Ausstülpungen in Gestalt von pfriemenförmigen Stielchen, welche auf dem Scheitel der Basidien entstehen und auf welchen die Sporen gebildet werden.

Stolones sind unfruchtbare Ausläufer des Mycels, welche sich entweder in die Luft erheben, oder über das Substrat hinkriechen. Sehr schön sind sie bei Mucor stolonifer zu sehen.

Stratum fructificans s. Trama.

Stroma, Fruchtpolster, Pilzlager, heisst der mehrere Perithecien enthaltende gemeinsame Träger der Pyrenomyceten. Er besitzt verschiedene Gestalt, ist kuglig, becher- oder polsterförmig, bisweilen verzweigt. Seine Structur ist fest, meist ist er verholzt und dunkel gefärbt. Im Allgemeinen heisst Stroma überhaupt das fleischige Hyphengeflecht, welches die Grundlage der sporenbildenden Schichten ausmacht.

Stylosporen heissen die kleinen Sporen, welche sehr zahlreich an der Innenwand der Pycniden auf den Enden der Hyphen abgeschnürt werden. Oft kommen bei derselben Species

zweierlei Formen vor, die als Micro- und Macrostylosporen unterschieden werden.

Suspensor, Trägerzelle, s. Copulation.

Subhymeniales Gewebe ist die dicht verflochtene und reich büschelig verästelte Schichte der höheren Pilze, welche unmittelbar die sporentragenden Basidien hervorbringt.

T.

Tela contexta bezeichnet ein aus dicht verschlungenen und vielfach sich kreuzenden Fäden bestehendes Pilzgewebe.

Teleutosporen heissen die derbwandigen, zweifächerigen Sporen von Uredineen, welche im Herbste an Stelle der Uredosporen gebildet werden und überwintern, worauf sie im Frühjahr keimen unter Entwicklung eines Promyceliums und Abschnürung von Sporidien.

Tetraden sind die gewöhnlich in Vierzahl auf den Basidien der Gattung Agaricus stehenden Sterigmen, auf welchen die Sporen abgeschnürt werden.

Thalamium s. Receptaculum.

Thallus, Thallom ist der gesammte aus Fäden zusammengesetzte vegetative Körper der Pilze.

Thecae, Sporenschläuche = Asci.

Thecaconidien s. Thecasporen.

Thecasporen heissen die in Ascis oder in Sporangien, wie bei Mucor, ausgebildeten Sporen. In letzterem Falle nennt sie Hallier auch Thecaconidien.

Theilsporen s. Merispora.

Trama, Einschlag, ist die mittelste, aus dichten Fäden bestehende Schichte der Lamellen bei den Agaricineen. Diese Schichte ist von dem subhymenialen Gewebe oder der Fructificationsschichte, stratum fructificans, überkleidet und sie ist als eine Verlängerung der Hyphen des Marktheiles in die Lamelle hinein anzusehen.

Tubuli heissen die Röhren bei Polyporus und Boletus, mit welchen die Unterseite derselben bedeckt ist. Auf ihrer Innenseite tragen diese Röhren die Basidien mit den Sporen.

U.

Uredosporen sind die als Propagationsorgane im Entwicklungskreis der Uredineen dienenden, länglich-ovalen, einzelligen, derbwandigen Sporen, welche entstehen, wenn die Aeci-

diumsporen auf Gräsern zur Keimung gelangen. Uredo wurde früher als eigene Gattung beschrieben, s. Teleutosporen.

Uterus = Peridium.

V.

Velum, Schleier, auch Involucrum, heisst die Hülle, welche die Fruchtkörper vieler Arten der Gattung Agaricus im Jugendzustande überzieht. Umschliesst sie sackartig den ganzen Hut, wo sie dann bei der Entfaltung desselben durchrissen wird, so heisst sie velum universale oder volva. Bedeckt sie aber nur die Hymenialfläche, so wird sie velum partiale genannt. Es wird dieses ebenfalls bei der Reife zerrissen und bildet dann das velum im engern Sinne: am Hutrande die Cortina, Vorhang; am Stiele die armilla, Manschette.

Volva s. Velum.

Vorhang s. Velum und cortina.

Vorkeim s. Promycelium.

Z.

Zoosporangium heisst ein solches Sporangium, in welchem durch Zerklüftung des Inhalts zahlreiche, meist lebhaft bewegliche Zoosporen ausgebildet werden.

Zoospore = Schwärmspore.

Zusammengesetzte Sporen s. Sporae septatae.

Zygospore s. Copulation.

Anhang.

Beschreibung einiger der am meisten verbreiteten Schimmelpilze.

Aspergillus glaucus, der Kolbenschimmel, ist einer unserer häufigsten Pilze. Er wächst auf Obst, Speisen etc., liebt trockneren Boden als der Pinselschimmel und findet sich in Colonien von grünlicher oder weisslich-blauer Farbe, zierlich seine zahlreichen Conidienköpfchen in die Luft streckend.

Das Mycel wuchert im Nährsubstrat, bei üppiger Entwicklung treten aber auch zahlreiche Zweige desselben hervor und es entsteht dann ein reich sich verzweigendes Gewirr von Fäden, welches de Bary Luftmycelium genannt hat.

Hauptsächlich unterscheiden sich die Conidienträger von Aspergillus dadurch von denen des Penicillium, dass die Fruchthyphen, welche sich aus dem durch Scheidewände getheilten Mycelium erheben, sehr wenig, meist gar nicht septirt und an der Spitze zu einer keuligen Basidie angeschwollen sind, Fig. 64 A, c. An letzterer treten nach allen Seiten die Sterigmen hervor, welche Reihen von Conidien abschnüren.

Die Spitze des Sterigmas schwillt nämlich kuglig an und diese Anschwellung, die künftige Conidie, grenzt sich nach ihrer Ausbildung zur vollen Grösse durch eine Querwand ab, während unter ihr die Bildung einer neuen Conidie beginnt. Es entsteht so eine mehr oder minder lange Kette, deren unterste Glieder immer die jüngsten sind. Alle werden sie durch eine gemeinsame, äusserst dünne Membranschichte locker einige Zeit zusammengehalten, Fig. 64 B. Die vollständig reifen, leicht verstäubenden Conidien besitzen ein feinstachliges Episporium, sie sind kugelrund, keimen leicht und bilden

oft zwei bis drei das Episporium durchbrechende Keimschläuche.

Ausser dieser Art der Fortpflanzung besitzt Aspergillus glaucus noch eine andere, welche durch geschlechtliche Befruchtung hervorgebracht wird und häufig gleichzeitig neben den Conidienträgern an demselben Mycel vorkommt, Fig. 64 A. Sowie aber diese früher als selbstständige Art unter dem

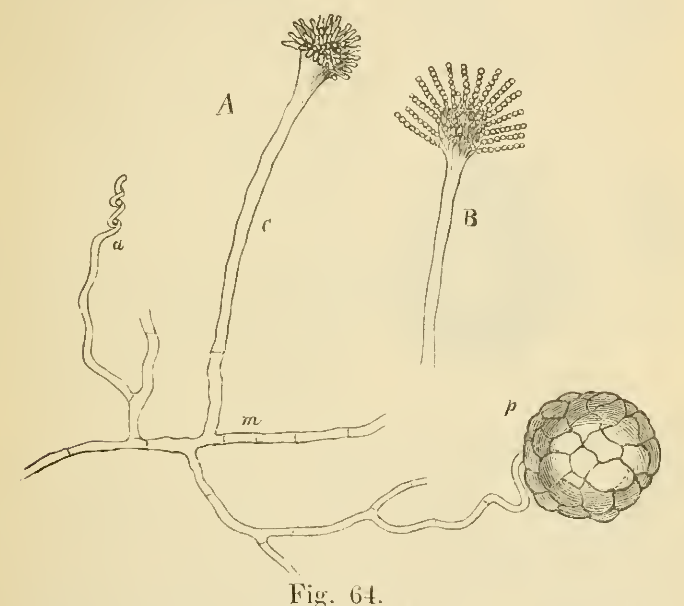


Fig. 64.
Eurotium Aspergillus glaucus; A, m Mycelium, c Conidienträger, p reifes Perithecium, a die Anlage eines solchen (190) (nach de Bary); B ein Conidienträger; auf dem keulig angeschwollenen Ende desselben sitzen Reihen von Conidien.

Namen Eurotium herbariorum beschriebene Fruchtform zum Vorschein kommt, werden die geschlechtslos hervorgebrachten Conidienträger immer seltener, um endlich ganz zu verschwinden.

Die Anlage des Geschlechtsapparates erfolgt dadurch, dass einzelne Zellen des Mycels bei günstigen Verhältnissen unmittelbar über der Oberfläche des Nährsubstrates kurze Zweige entwickeln, deren Wachsthum bald stillsteht, worauf sie sich korkzieherartig einrollen, Fig. 64 A, a; Fig. 65 A. Die dadurch gebildeten Windungen legen sich in Gestalt einer konischen Schraube an einander und theilen sich dann durch

Scheidewände. Von unten wachsen neue Zweige an dieser Schraube entlang bis an die Spitze und es findet zwischen dem Endglied und einem dieser Zweige durch inniges Aneinanderwachsen und Resorption einer Stelle der trennenden Membranen ein geschlechtlicher Inhaltsaustausch statt, Fig. 65 B.

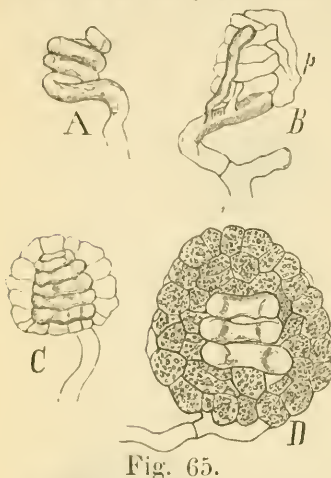


Fig. 65.
Eurotium Aspergillus glaucus. A die spiralig aufgewundene Zelle, welche zum Ascogonium wird. B an derselben wachsen von unten die Pollinodien p bis an den Scheitel; C es hat sich nach erfolgter Befruchtung eine vollständige, in D bereits doppelte Hülle um das Ascogonium gebildet. (nach de Bary.)

Die Schraube muss demnach als weibliches Organ betrachtet werden, die befruchtenden Seitenzweige dagegen sind in Folge ihrer Function männliche Zellen; de Bary nannte sie Pollinodien, ersteres dagegen bezeichnete er mit dem Namen Ascogonium.

Es entsteht durch seitliche Ausstülpung und durch Theilung der Pollinodien eine bald allseitig das Ascogonium umgebende parenchymatische Hüllschichte, Fig. 65 C und damit ist die Anlage der jungen Peritheciumkugel erfolgt.

Die Hüllzellen wachsen, sie verbinden sich nach aussen in Form einer dichten Wandschichte; in den inneren Raum der Kugel treiben sie zahlreiche Ausstülpungen, welche sich zwischen die Windungen der Schraube hindurchdrängen und ein dichtes Ausfüllungsgewebe bilden, Fig. 65 D. Die Schraube ihrerseits entwickelt, nachdem sie vorher viele Theilungen erfahren hatte, ebenfalls zahlreiche Verzweigungen, deren Enden länglich ovale Gestalt annehmen, sich durch Scheidewände abgrenzen, immer mehr vergrössern und so schliesslich zu Sporenschläuchen ausbilden, innerhalb welcher durch freie Zellbildung acht Sporen entstehen.

Die Membran der Asci wird bei der Reife resorbirt, ebenso verschwinden die Zellen des Ascogoniums und des Füllgewebes, so dass die Sporen frei in dem dann kugligen, spröden, mit der gelbgewordenen Aussenwand bedeckten Perithecium liegen, Fig. 64, A, p. Die gelbe Farbe des letz-

teren rührt von einer äusserst dünnen, harzartigen Haut her, welche sehr bald die ganze Kugel überzieht. In ähnlicher Weise erhält oft auch das absterbende Mycelium von Aspergillus eine röthlich gelbe Farbe.

Die Ascosporen sind linsenförmig, ringsum mit einer Rinne versehen, sie lassen ein deutliches Epi- und Endosporium erkennen. Auf geeignetem Boden bildet ihr das Episporium als Keimschlauch durchbrechendes Endosporium ein reich sich verästelndes Mycelium mit neuen Conidienträgern und Perithecien. Die Entwicklung letzterer unterbleibt dagegen, wenn die Ernährungsverhältnisse ungenügende sind.

Aspergillus ist also die Conidienform des durch geschlechtliche Befruchtung entstandenen Peritheciums von Eurotium. de Bary nennt daher auch wegen der Zusammengehörigkeit von Eurotium und Aspergillus den Pilz Eurotium Aspergillus glaucus.

Eurotium repens, welches häufig gemeinsam mit diesem Pilz vorkommt, unterscheidet sich besonders durch die viel geringere Grösse seiner Fortpflanzungsorgane sowohl als überhaupt seines ganzen Habitus.

Mucor Mucedo, der Blasenschimmel, wächst in allgemeiner Verbreitung auf den verschiedensten organischen Substraten, besonders auf Excrementen und Speiseresten. Bringt man Pferdemist, Brodstückchen etc. mit etwas Wasser unter eine Glasglocke, so erhält man nach Verlauf weniger Tage die schönsten Culturen dieses Pilzes.

Die Kenntniss des Mucor Mucedo war lange Zeit eine in vielen Beziehungen noch lückenhafte und unklare; er wurde dem Formenkreis der verschiedensten, ihm gänzlich fernstehender Pilze zugetheilt und besonders war es noch nie gelungen, eine geschlechtliche Befruchtung, eine Zygosporenbildung nach Analogie anderer Mucorineen, an ihm aufzufinden. Erst Brefeld*) hat neuerdings in vortrefflicher Untersuchung die Entwicklungsgeschichte dieses Mucor in allen

*) Dr. O. Brefeld. Botanische Untersuchungen über Schimmelpilze. I Leipzig 1872.

ihren Phasen klar dargelegt und es glückte ihm auch, die Geschlechtsorgane desselben zu entdecken.

Beobachtet man eine auf passendes Substrat frisch ausgesäte Spore des Mucor Mucedo, so bemerkt man, wie dieselbe sich bald vergrössert und abrundet, worauf dann gewöhnlich an mehreren Stellen die rasch wachsenden und äusserst reich sich verzweigenden Keimschläuche hervorbrechen. Das so entstandene Mycelium besitzt nirgends eine Scheidewand; es ist mit dicht körnigem, oft durch Vacuolen unterbrochenem Protoplasma erfüllt.

In einer gewissen Periode steht sein Wachsthum still, das Plasma wird dunkler, dasselbe sammelt sich im Centrum der Mycelverzweigungen besonders reichlich an und der dadurch hervorgebrachte Druck hat die Ausstülpung einer bestimmten Stelle zur Folge. So entsteht die Anlage der Fruchthyphe, welche bald bedeutend an Länge zunimmt, sich als dicker Ast über die Nährlösung erhebt und mit dem Aufhören ihres Wachsthums an der Spitze blasig anschwillt.

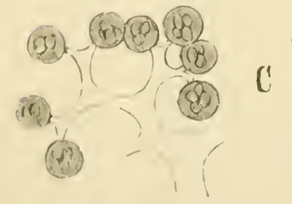


Fig. 66.
Mucor Mucedo. A ein reifes Sporangium; B Columella desselben; C dichotom verzweigter Ast von Mucor Mucedo.

Das Mycelium enthält in diesem Zustande bereits wässrige Flüssigkeit und die Anschwellung der Fruchthyphe, das künftige Sporangium, wird von ihm durch eine gewölbte, stumpf kegelförmige Querwand, welche Columella heisst, abgeschlossen, Fig. 66 B.

In dem zwischen der Columella und der Wand des Sporangiums befindlichen Plasma entstehen nun durch Zerklüftung desselben sehr zahlreiche Ausscheidungen, welche sich immer mehr verdichten, abrunden, mit einer Membran umgeben und so zu den länglich ovalen, zartwandigen, wasserhellen Sporen heranwachsen. Ein anderer Theil des Plasmas differenzirt sich in eine farblose, klebrige Zwischensubstanz, welche die einzelnen Sporen trennt und durch ihr bedeutendes Quellungs-

vermögen in Wasser die Entleerung und Ausbreitung derselben bewirkt.

Mit der Reife der Sporen streckt sich der Fruchtträger oft bis zu zehnfacher Länge in die Höhe und im Mycel kommen dann zahlreiche Querwände zum Vorschein. Die farblose, dichte, anfangs aus Cellulose bestehende Sporangiummembran, welche nach aussen allseitig mit eng gestellten, aus oxalsaurem Kalk bestehenden Stacheln umkleidet ist, Fig. 66 A, verschwindet bald nach der Streckung vollständig; sie zerfliesst zu einer im Wasser völlig löslichen Substanz. Die Sporangien besitzen eine verschiedene Grösse, sie sind anfangs blass gelblich, zuletzt braun bis schwarz und die nach Auflösung der Wand freigewordenen Sporen sind sogleich keimfähig.

Die Fruchthyphen des Mucor Mucedo sind häufig seitlich verzweigt und mit mehrwirteligen, wiederholt gabligen Aesten versehen, Fig. 66 C. Von den einfach wirtelig gestellten Zweigen bis zu den in cymösen Büscheln sich ausbreitenden trifft man alle möglichen Uebergangsstufen. Brefeld hat gefunden, dass diese Verzweigungen stets nur durch Störung des normalen Wachsthums veranlasst werden und dass je von der Art solcher hemmender Einflüsse auch die Entstehung der mehr oder der weniger reich verästelten Form abhängt. Die Enden der Zweige tragen kleine Sporangien, Sporangiolen, Fig. 66 C, innerhalb welcher eine kleine Anzahl rundlicher Sporen zur Ausbildung gelangt, deren Keimungsproduct aber stets wieder der typische Mucor Mucedo ist.

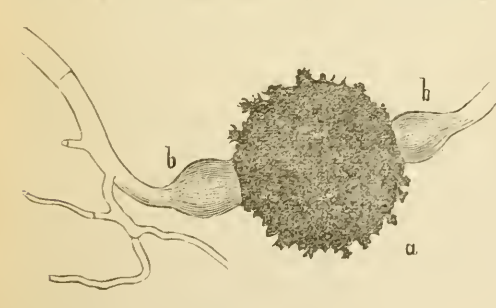


Fig. 67.
Mucor Mucedo. a Zygospore desselben, b die Suspensoren. (300) (nach Brefeld).

Die Zygosporen des Mucor Mucedo, Fig. 67, fand Brefeld reichlich in Gestalt schwarzer Pünktchen auf Pferdemist vor; mit ihrem Auftreten verschwinden die ungeschlechtlich erzeug-

ten Sporangien. Ihre Bildung findet in der Weise statt, dass die Enden zweier aufeinander zuwachsender und sich bald berührender Myceläste als zwei selbstständige Zellen abgeschnitten werden, während die unter ihnen befindliche Zelle sich als Suspensor oder Trägerzelle verhält. Die Wand, welche die beden vereinigten Zellen an der Berührungsstelle trennt, wird resorbirt und es entsteht so eine rasch sich vergrössernde Copulationszelle, die junge Zygospore, welche von den klein bleibenden Suspensoren getragen wird.

Mit der Reife der Zygosporen bildet sich auf deren Aussenseite ein dickes, mit zahlreichen faltigen Protuberanzen versehenes schwarzes Exosporium, darauf folgt ein farbloses, den Unebenheiten des Exosporiums sich anlegendes Endosporium von bedeutendem Durchmesser und dasselbe umschliesst feinkörniges, mit einem Oeltropfen versehenes Protoplasma, s. Fig. 67 und 68. Nach Ablauf einer längeren Ruheperiode keimen die Zygosporen und das neu entstehende Mycelium bringt dann wieder die gewöhnlichen, ungeschlechtlichen Sporangien hervor.

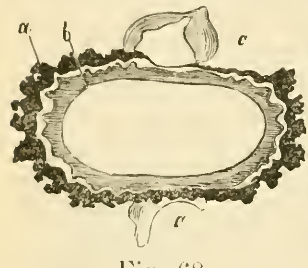


Fig. 68.

Durchschnitt durch eine Zygospore von Mucor Mucedo; a das höckerige Exosporium, b Endosporium, c die Reste der Suspensoren. (300) (nach Brefeld).

Höchst merkwürdig ist die Entdeckung Brefeld's, dass der Mucor Mucedo und auch andere Mucorineen von parasitischen Pilzen befallen werden, welche noch dazu ihrer Entwicklungsgeschichte zufolge als nahe Verwandte der Familie der Mucorineen betrachtet werden müssen. Diese Parasiten sind Chaetocladium Jonesii und Piptocephalis Freseniana; sie finden sich häufig auf Mistkulturen ein, wo Mucor wächst und ihre Gegenwart wirkt stets hindernd auf die Vegetation desselben, so dass auch z. B. Mucor Mucedo durch sie die oben beschriebene abnorme Verzweigung der Fruchthyphen erfährt.

Die Sporen der genannten Pilze treiben, wenn sie allein für sich cultivirt werden, sparrig verzweigte Keimschläuche, welche aber stets nach kurzer Zeit zu Grunde gehen. Sät man dagegen eine einzige Mucorspore mit aus, so legen sich

die dünnen Keimfäden der Schmarotzer bald innig an deren heranwachsendes Mycelium an. Bei Chaetocladium wird die trennende Membran an der Berührungsstelle resorbirt und so ein vollständiger Inhaltsaustausch vermittelt, Fig. 69 c; bei Piptocephalis dagegen schwellen die sich anlegenden Enden der Fäden blasig auf und treiben feine, haarförmige Haustorien durch die Membran ins Innere des Mucormycels, den Inhalt desselben für ihre Ernährung verwendend.

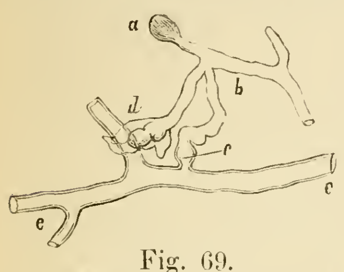


Fig. 69.
Ein Mycelfaden des Mucor Mucedo e von einer keimenden Chaetocladiumspore a befallen; b der Keimschlauch der Spore, c die Verschmelzungsstelle mit dem Mucormycel; d neue sich verzweigende Haustorien des Chaetocladium. (630) (nach Brefeld).

An den befallenen Stellen entstehen bald dicht verworrene Knäuel, die sich vielfach verzweigen und durcheinander schlingen. Sie werden theils von den schmarotzenden Fäden selbst hervorgebracht, theils sind sie reichliche Ausstülpungen des Mucormycels, gleichsam als ob dasselbe sich sträube gegen eine solche Ansiedlung der fremden Gäste. Von den Knäueln aus strahlen nach allen Seiten hin die fructificirenden Hyphen der Parasiten.

Das Chaetocladium umrankt mit seinen Fäden alle Fruchtträger des Mucor, es schlingt sich von einem zum andern hinüber und Seitenäste entwickeln seine zahlreichen Conidienträger. Das oft lang borstenartig zugespitzte Ende solcher Zweige nämlich trägt etwas unterhalb der Spitze mehrere wirtelig gestellte Zweige, welche ebenfalls mit langen Fortsätzen versehen sind und in derselben Weise Wirtel zweiten und dritten Grades erzeugen. Die letzten derselben sind oben verbreitert und sie schnüren an zahlreichen Sterigmen je eine kleine runde Spore ab.

Die Zygosporen des Chaetocladium werden nicht alle aus Endästen des Mycels gebildet, sondern auch aus Ausstülpungen desselben, welche auf einander zuwachsen. Die Fortsetzungen der Trägerzellen können daher oft nach zwei Richtungen hin verfolgt werden und die Suspensoren selbst wachsen mit der ein gelbes stark warziges Episporium zeigenden Zygospore oft zu bedeutender Grösse heran. Die Zygosporen

bringen bei ihrer Keimung wieder mit Conidien fruchtendes Chaetocladium hervor.

Nach Brefeld's Untersuchungen schmarotzt das Chaetocladium nur auf Mucor Mucedo und Mucor stolonifer.

Der andere Schmarotzerpilz des Mucor, die Piptocephalis, bildet seine Conidienträger in der Weise aus, dass die von den Haustorienknäueln auslaufenden sich vielfach drehenden und durcheinander wirrenden dünnen Mycelfäden sehr bedeutend in die Länge wachsen, dann an der Uebergangsstelle in den Fruchtträger wieder dicker werden, während letzterer selbst über das Substrat sich erhebt. Seine Spitze erfährt darauf wiederholte einander entgegenstehende Gabelungen, deren Enden kopfförmig anschwellen, sich mit kleinen Erhabenheiten bedecken und auf diesen sehr zahlreiche cylindrische Schläuche entwickeln, welche bald durch unregelmässige Scheidewände in die Sporen zerfallen. Letztere sind cylindrisch, von verschiedener Länge, sie fallen bei der Reife gemeinsam mit dem Köpfchen ab, welches sie getragen hatte.

Die Zygosporenbildung bei Piptocephalis weicht in einzelnen Punkten von dem gewöhnlichen Modus ab; sie findet an zahlreichen Ausläufern des Myceliums statt, deren je zwei auf einander zuwachsen und sich vielfach rankenförmig umschlingen, Fig. 70 d. Die keulig anschwellenden Enden dieser Fäden legen sich unter bogenförmiger Krümmung dicht an einander und in dem oberen Theil eines jeden tritt eine Querwand auf, wodurch die Keulen in je zwei untere Trägerzellen und zwei Copulationszellen geschieden werden, Fig. 70, c u. b.

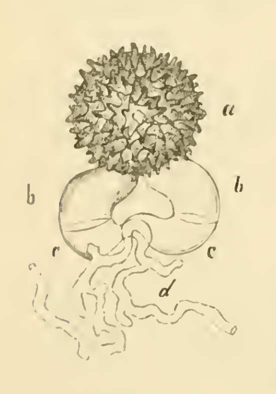


Fig. 70.

Zygosporenapparat von Piptocephalis; a Reife Dauerspore zwischen den Copulationszellen b; c die Suspensoren; d deren Mycelfäden. (630) (nach Brefeld).

Letztere wölben sich an der äussersten Berührungsstelle bald auffallend nach aussen vor und zugleich erfolgt die Resorption der trennenden Membran, so dass also damit die Zygospore fertig gebildet ist. Letztere gelangt aber nicht, wie

sonst gewöhnlich, in ihrem ganzen Umfange zur Reife, vielmehr wird nur die Wölbung zur Dauerspore. Dieselbe nimmt nämlich rasch an Grösse zu, sie wird vollkommen kuglig, ihre Aussenfläche bedeckt sich mit zahlreichen Stacheln und sie grenzt sich, nachdem sie das Plasma der Zygospore an sich gezogen hat, von dieser durch zwei Wände ab. Es befindet sich in Folge dessen zwischen den auf diese Weise wieder hergestellten Copulationszellen die Dauerspore, Fig. 70 a.

Während bei Mucor und Chaetocladium die reife Geschlechtsspore nur von den beiden Suspensoren getragen wird, sind also bei Piptocephalis ausser diesen noch die beiden zurückgebildeten Copulationszellen vorhanden. Die reifen Dauersporen besitzen ein gelbes Exosporium, bei der Keimung bringt ihr beide Häute durchbrechender Keimschlauch wieder einen normalen etwas kümmerlichen Conidienträger hervor.

Piptocephalis gedeiht nach Brefeld auf allen Mucorarten und sät man die Sporen desselben gemeinsam mit denen von Chaetocladium auf Mucor aus, so befällt es besonders die von Chaetocladium gebildeten Haustorienbüschel, so dass also dann merkwürdigerweise ein Parasit auf dem andern wuchert.

Durch die genaue Kenntniss von Mucor und seiner Schmarotzer ist man jetzt auch im Stande, denselben eine feste systematische Stellung anzuweisen. Brefeld bildet für diese Pilze eine neue Gruppe, die Zygomycetes, ausgezeichnet durch ungeschlechtliche Sporangien oder Conidienträger, ferner durch geschlechtliche Fruchtkörper, aus der paarweisen Verschmelzung gleicher Zellen zu einer Zygospore entstanden, welche letztere entweder ganz oder nur theilweise zur Dauerspore heranwächst.

Die Zygomycetes zerfallen in zwei Abtheilungen: 1) in solche mit ungeschlechtlichen Sporangien, deren Sporen innerhalb einer Mutterzelle entstehen; dahin die Mucorineen; und 2) in solche mit ungeschlechtlichen Conidien, die durch Abschnürung oder einfache Zergliederung gebildet werden; dahin die Chaetocladiaceen und die Piptocephalideen.

Oïdium lactis Fres. ist ein Schimmelpilz, welcher besonders auf saurer Milch und thierischen Excrementen sich findet. Er bildet stramme, horizontal verzweigte Mycelfäden, ist schneeweiss und am Mycel erheben sich Aeste als Conidienträger.

Letztere erreichen eine bestimmte Länge, worauf sie ihr Spitzenwachsthum einstellen und sich mit Ausnahme des untersten Theiles, in länglich viereckige Glieder, die Conidien, theilen, Fig. 71. Dieselben lösen sich bei der Reife theilweise von einander, wodurch die Reihe ziekzackartig hin- und hergebogen wird, und endlich zerfallen sie vollständig. Obgleich man mit Sicherheit annehmen darf, dass Oïdium nur die Fruchtform eines höheren Pilzes ist, konnte seine Zusammengehörigkeit mit einem solchen doch bis jetzt noch nicht erkannt werden.

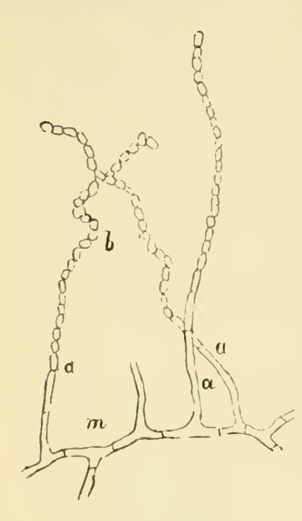


Fig. 71.
Oidium lactis. m Mycelium, von welchem sich die Conidienträger a erheben, bei b fallen die Conidien auseinander.

Penicillium glaucum Lk. seu Penicillium crustaceum Fres., der gemeine Pinselschimmel, findet sich ausserordentlich häufig; er ist Kosmopolit und bildet, oft in Gesellschaft mit Aspergillus, alle die erst weissen, dann graublauen oder schmutzig grünblauen Ueberzüge, welche im gemeinen Leben Schimmel genannt werden und auf eingemachten Früchten etc. so häufig zu finden sind. Von einem septirten, reich verästelten, cylindrischen, häufig anastomosirenden Mycelium erheben sich die aufrechten, durch Querwände getheilten Fruchtträger, welche stets in der Luft gebildet werden. Die Spitzen derselben sind reich büschlig verzweigt und auf den Enden der Haupt- und Seitenzweige bilden sich zahlreiche Basidien in Pfriemenform.

Die Zweige kommen dadurch zu Stande, dass an den Spitzenzellen der einfachen Fruchthyphe seitliche, der oberen

Querwand der Zellen benachbarte Aussackungen in centripetaler Folge entstehen, Fig. 72.

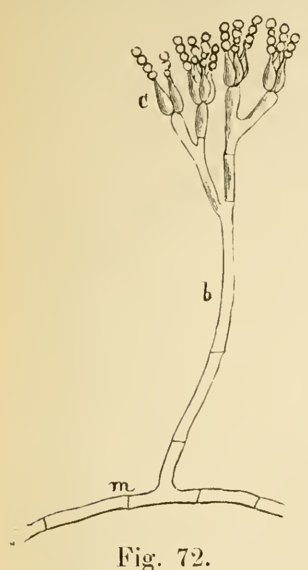


Fig. 72.
Penicillium crustaceum. m Mycelium, b Conidienträger, c Conidien.

An den secundären Zweigen bilden sich tertiäre, sie alle strecken sich und die untersten sind die längsten, so dass sie sämmtlich beinahe in gleiche Höhe zu stehen kommen. An dem Gipfel der Hauptaxe und der Zweige kommen als kleine, rasch grösser werdende Knöpfchen die Basidien hervor, welche der Hyphe mit verschmälerter Basis aufsitzen, während ihre Spitze das stielartige Sterigma entwickelt. Letzteres schwillt an, die Anschwellung wird allmählich zur ersten Spore und in derselben Weise wie bei Aspergillus erzeugt jedes Sterigma durch succedane Abschnürung eine lange Kette kugelrunder, kleiner, farbloser Conidien, welche anfangs mit einander verbunden bleiben, wodurch der Pilz ein pinselartiges Ansehn erhält, Fig. 72. Später fallen die übrigens sogleich keimfähigen Conidien ab und bedecken das Mycelium mit einem staubigen Ueberzug.

Je nach den Nährverhältnissen wechselt auch die Zahl der zur Ausbildung kommenden Conidienträger; bald erheben sich nur wenige Exemplare vom Mycelium, bald ist ihre Entwicklung eine so reichliche, dass sie dicht an einander gedrängt sind, wobei die einzelnen Hyphen in Gestalt von dicken, garbenähnlichen Strängen mit einander verwachsen, aus deren Spitzen die zahlreichen conidientragenden Fädchen nach allen Seiten hervorragen. In solcher Weise entsteht dann die Form des Coremium, welche früher als eigene Gattung beschrieben wurde.

Bisher musste Penicillium unter die isolirt dastehenden Fadenpilze gerechnet werden, weil man noch nicht im Stande gewesen war, die ihm zugehörige Ascomycetenform aufzufinden. Nach einer vor Kurzem veröffentlichten Untersuchung von

Dr. Brefeld*) ist dies aber jetzt gelungen und damit wäre der Entwicklungskreis des Pinselschimmels vervollständigt.

Wächst nämlich Penicillium bei mangelhaftem Sauerstoffzutritt auf üppigem Nährboden, z. B. an der aufliegenden Fläche eines im geschlossenen Gefäss befindlichen Brotstückes, so tritt die Conidienbildung in den Hintergrund und man findet auf dem sehr reichlich sich entwickelnden Mycelgeflecht weisse, bis mohnsamengrosse Körperchen sitzen. Sie bestehen aus lufthaltigem Hyphengewebe, welches bald dichter wird und endlich sich zu einem pseudoparenchymatischen Körper mit flockiger Oberfläche zusammenlegt. Letztere vergeht theilweise und das Perithecium ähnliche Gebilde besitzt dann eine glatte, lederbraune Aussenwand. Innen ist es erfüllt mit Parenchym und einzelnen Parthieen gestreckter Hyphen. Der Inhalt wird bald gelockert, endlich verschwindet er und es bleiben nur drei peripherische derbere Zellenschichten übrig, von welchen aus mit Beginn der Lockerung zahlreiche sich verzweigende Hyphen in die entstehenden Lücken hineinwachsen.

Diese Hyphen sind von zweierlei Art: theils sind sie dünn und derbwandig, theils dick, zartwandig, reich büschelig verzweigt und mit Plasma angefüllt. Erstere bilden ein loses Gerüste, die Enden der letzteren schwellen dagegen zu breit ovalen Zellen, zu Ascis, an, in deren Innerem meist acht bei der Reife linsenförmige, mit einer Rinne versehene Sporen erzeugt werden.

Geschlechtsorgane wurden bei dieser Entwicklung, welche auffallend an diejenige des Peritheciums von Aspergillus erinnert, nicht beobachtet. Obige noch unreife parenchymatische Körper bildeten, vom Mycel abgenommen und auf feuchtes Substrat gesetzt, einzelne gewöhnliche Penicillium-Conidienträger, deren Zusammenhang mit den Zellen des Parenchyms nachgewiesen werden konnte. Die Conidienträger entstanden auch aus dem durch Keimung der Ascosporen hervorgegangenen Mycelium, so dass also damit die Zusammengehörigkeit der beschriebenen beiden Formen aufs vollständigste nachgewiesen ist.

*) O. Brefeld. Bot. Ztg. 1872. Nro. 14

Register.

Druck von W. Hecht in Berlin,
Schöneberger Ufer 36c.



Druck von W. Hecht in Berlin,
Schöneberger Ufer 36c.





